E 2039

R

REFERÁLVA

energetica

1

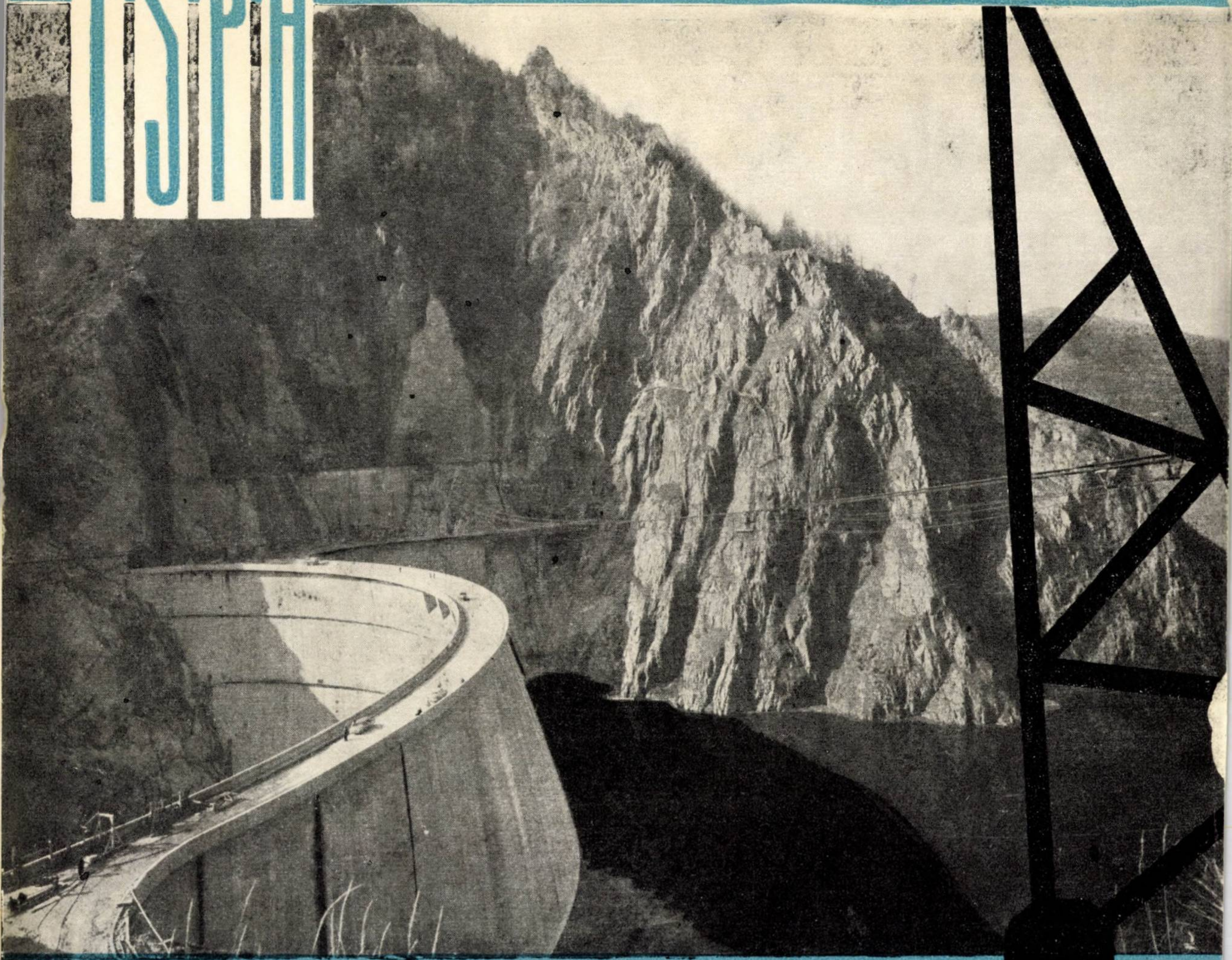
VOLUMUL XVI
BUCUREȘTI • IANUARIE 1968

INSTITUTUL
DE STUDII ŞI
PROIECTĂRI
HIDROENERGETICE
BUCUREŞTI
STRADA GALAŢI Nr. 5–7

ISPH

EXECUTĂ LUCRĂRI DE.

STUDII ŞI PROIECTE
PROSPECŢIUNI
CERCETĂRI DE LABORATOR
CONSULTING ŞI ENGINEERING



SCHEME DE AMENAJĂRI HIDROENERGETICE, UZINE HIDROELECTRICE, BARAJE DE ORICE TIP PENTRU DIVERSE UTILIZĂRI ALE APEI, ECLUZE PENTRU NAVIGAŢIE, CONSTRUCŢII SUBTERANE, PRIZE, CANALE ŞI ALTE CONSTRUCŢII HIDROTEHNICE

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL
AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 16 Nr. 1 IANUARIE

Cuprinsul

Iorgulescu, Fl. şi *Focşa Vl.* **Sistemul hidroenergetic şi de navigaţie Porţile de Fier, în curs de execuţie (partea II)** 1—14
Pavel, D. **Metode noi de dimensionare a turbinelor bulb** 14—21
Constantinescu, E. **Distribuţia în timp a avariilor în sistemul energetic naţional** 21—27
Staicu, C., Mitroi, A. şi *Teacă, A.* **Problema siguranţei în exploatare a unui sistem energetic** 27—31

TRATAREA APEI ÎN CENTRALELE TERMOELECTRICE

Neuberger, G. şi *Kaufman, M.* **Probleme legate de pătrunderile de apă brută sau numai dedurizată în circuitul primar al centralelor termoelectrice cu parametri înalţi** 31—34

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

Radu-Cernea, A. şi *Trifu, C.* **Utilizarea calculelor exergetice în studiul proceselor caracteristice cazanelor de abur** 34—38

DIN EXPLOATARE

Pantea, A. şi *Stoichiţescu, T.* **Protecţia de distanţă în reţelele electrice de medie tensiune** 38—42

CRONICĂ

Manolescu, G. **Cea de-a XXXII-a Reuniune generală a Comisiei Electrotehnice Internaţionale** 42—43
Drăgan, G. **A IX-a Conferinţă internaţională pentru protecţia contra trăsnetului** 43—44
Arie, E. **Simpozionul „Analiza şi sinteza reţelelor electrice"** 45—46

INFORMAŢII TEHNICE

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. ing. I. D. STANCESCU, redactor responsabil, ing. G. IORGULESCU redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, ing. ST. BERENGHI, conf. ing. A. COGALNICEANU conf. ing. E. CONSTANTINESCU, ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, laureat al Premiului de Stat, ing. H. FURTUNESCU, ing. L. LUCA, ing. B. MARCU, ing. A. MACRIŞ conf. ing. C. MIHAILEANU, conf. ing. V. NIŢU, ing. A. SPINU

OFICIUL DE DOCUMENTARE ŞI PUBLICAŢII TEHNICE
AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE

Trei argumente puternice pentru folosirea sfredelelor monobloc Sandvik Coromant

SANDVIK
Coromant

Plăcuţele de carbură de tungsten, foarte larg dimensionate, asigură un mare metraj de găuri de mină forate, între două reascuţiri succesive, şi totodată mai multe ascuţiri pînă la consumarea totală a plăcuţelor.

Tratament anticoroziv. Sfredelul este tratat chimic prin metoda SR, fiind protejat, atît în interiorul canalului axial de spălare, cît şi în exterior, pe întreaga suprafaţă de la plăcuţa de metal dur pînă la cep, contra deteriorării prin coroziune şi manipulare.

Durată mare de serviciu a gulerului sfredelului şi a cepului

Gulerul sfredelului Sandvik Coromant este forjat din materialul sfredelului, formînd parte integrantă cu acesta, ceea ce, împreună cu noua formă a cepului, elimină uzura bazei gulerului.

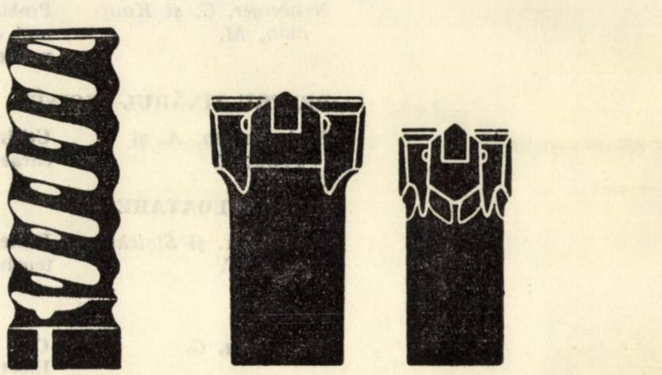
Atlas Copco oferă o gamă largă de sfredele şi tăişurile respective, tăişuri pentru perforatoare înecate etc.

Gama de produse oferite de Atlas Copco include, de asemenea, echipamentul pentru lucrări mai speciale ca de exemplu: tuburi de ghidaj pentru perforarea de precizie a găurilor de mină lungi, echipament pentru lărgirea şi corectarea găurilor, pentru forarea găurilor în exploatari la zi, pentru montarea ancorelor şi forarea de găuri de mină paralele etc.

ATLAS COPCO AB · STOCKHOLM 1 · SUEDIA

Atlas Copco

Completaţi cuponul de mai jos şi trimiteţi-l la întreprinderea Maşinimport Bucureşti, str. M. Eminescu nr. 10, raionul 30 Decembrie.



Trimiteţi-ne informaţia completă asupra :

— **sfredelelor Atlas Copco Sandvik Coromant ;**

— perforatoarelor Atlas Copco.

NUMELE ....

ÎNTREPRINDEREA ....

ADRESA ....

7/68

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.311.21 : 626

Йоргулеску, Фл. и *Фокша, Вл.:* **Стройка гидроэнергетической и судоходной системы „Железные Ворота".**

Energetica 16 (1968), № 1, стр. 1–14

ДК 621.24.001.2

Павел, Д.: **Новые методы для определения размеров обратимых турбин**

Возобновляется вопрос обратимых турбин и приводятся характеристики 27-ми турбин, что составляет ценный документальный материал. Методы определения размеров, применяемые и к турбинам других типов, дают положительные результаты.

Energetica 16 (1968), № 1, стр. 14–21

ДК 621.311.1.004.64

Константинеску, Е.: **Распределение во времени аварий в национальной электроэнергетической системе**

Рассматривается распределение во времени аварий в румынской электроэнергетической системе, с целью выявления необходимых элементов для студий по оптимизации структуры электроэнергетических установок и режимов эксплуатации.

Energetica 16 (1968), № 1, стр. 21–27

ДК 621.311.1.019.3

Стайку, К., Митрой, А. и *Тякэ, А.:* **Вопросы надёжности в эксплуатации энергетической системы**

Приводится метод оценки повреждённой мощности и резерва мощности. Изложение основывается на статистических данных и на теории вероятностей.

Energetica 16 (1968), № 1, стр. 27–31

ДК 621.187.1 :621.311.22

Нойбергер, Г. и *Кауфман, М.:* **Проблемы, выдвинутые проникновением сетевой или обработанной воды в главную сеть тепловых электростанций с высокими параметрами**

Energetica 16 (1968), № 1, стр. 31–34

ДК 621.18 :681.3

Раду-Черня, А. и *Трифу, К.:* **Применение эксергетических исчислений при исследовании характерных паровым котлам процессов**

Применяя эксергетический метод термодинамического анализа, приводится энергетический и эксергетический баланс парового котла (50 т/ч; 100 ата, 540°С).

Energetica 16 (1968), № 1, стр. 34–38

ДК 621.31

Пантя, А. и *Стойкицеску, Т.:* **Дистанционная защита в электрических сетях среднего напряжения**

Результаты экспериментального применения дистанционных защит быстрой ступени в электрических сетях среднего напряжения, принадлежащих предприятию ИРЭ-Плоешть.

Energetica 16 (1968), № 1, стр. 38–42

ДК 621.3 :061.3

Манолеску, Г.: **XXXII Общее Собрание Международной Электротехнической Комиссии — Прага 1967 г.**

Energetica 16 (1968), № 1, стр. 42 – 43

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.311·21 : 626

Iorgulescu, Fl. und *Focşa, Vl.* : **Die am Eisernen Tor der Donau im Bau befindliche Mehrzweckanlage für Energie Erzeugung und Schiffahrtsregulierung**

Energetica 16 (1968), H. 1, S. 1–14

DK 621.24.001.2

Pavel, D. : **Neue Verfahren für Berechnung von Rohrturbinen**

Der Verfasser untersucht die gegenwärtigen Fragen der Rohrturbinen auf Grund der Merkmale von 27 Turbinen dieses Bautyps. Die Berechnungsverfahren reihen sich mit guten Ergebnissen unter die vom Verfasser auch für andere Turbinenbautypen angewendeten Verfahren.

Energetica 16 (1968), H. 1, S. 14–21

DK 621. 311.1.004.64

Constantinescu, E. : **Zeitliche Streuung von Betriebsstörungen im Landesverbundnetz**

Es wird die zeitliche Streuung der im rumänischen Landesverbundnetz entstandenen Betriebsstörungen untersucht, zwecks Ermittlung der für Bestauslegung der elektrischen Anlagen und der Betriebszustände erforderlichen Angaben.

Energetica 16 (1968), H. 1, S. 21–27

DK 621.311.1.019.3

Staicu, C., Mitroi, A. und *Teacă, A.* : **Fragen der Betriebssicherheit elektrischer Netze**

Es wird ein Schätzverfahren der durch Störung ausgefallenen elektrischen Leistung sowie der Leistungsreserve erörtert. Das Verfahren wendet Sätze der Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung an.

Energetica 16 (1968), H. 1, S. 27–31

DK 621.187.1 : 621.311.22

Neuberger, G. und *Kaufman, M.* : **Durch Eindringen von Roh- oder nicht vollständig aufbereitetem Wasser in den Primärkreislauf von Wärmerkraftwerken hoher Parameter hervorgerufene Fragen**

Energetica 16 (1968), H. 1, S. 31–34

DK 621.18 :681.3

Radu-Cernea, A. und *Trifu, C.* : **Anwendung exergetischer Berechnungen bei Untersuchung für Dampfkessel eigentümlischer Vorgänge**

Durch Anwendung exergetischer thermodynamischer Analyse verfahren wird die Gliederung der Energie-und Exergiebilanz für einen 50 tf/h, 100 ata, 540^{0}C - Dampfkessel vergleichsweise dargestellt.

Energetica 16 (1968), H. 1, S. 34–38

DK 621.31

Pantea, A. und *Stoichiţescu,* T. **Fernschutz in Mittelspannungsnetzen**

Die Ergebnisse der verwuchsweisen Anwendung des Fernschutzes mit schneller Anprechstufe in Mittelspannungsnetzen des regionalen Elektrizitätsunternehmens IRE Ploieşti.

Energetica 16 (1968), H. 1, S. 38–42

DK 621.3 : 061.3

Manolescu, G. : **Die XXXII. Generalversammlung der Internationalen Elektrotechnischen Komission, Prag, Juli 1967**

Energetica 16 (1968), H. 1, S. 42–43

SOMMAIRE

CD 621.311.21 :626

Iorgulescu, Fl. et *Focşa, Vl.* : **Aménagement hydro-électrique et pour la navigation des Portes de Fer sur le Danube, en cours d'éxecution**

Energetica, 16 (1968), no. 1, p. 1–14

CD 621.24.001.2

Pavel, D. : **Nouvelles méthodes de dimensionnement des turbines à bulbe**

Cet article reprend le sujet des turbines à bulbe et l'auteur indique les données caracteristiques pour 27 turbines de ce type. Les méthodes de dimensionnement utilisées par l'auteur sont pareilles à celles qu'il applique à d'autres types de turbines. Les résultats sont bons.

Energetica 16 (1968), no. 1, p. 14–21

CD 621.311.1.004.64

Constantinescu, E. : **La répartition dans le temps des défauts dans le réseau électrique national**

Il s'agit d'une analyse de la répartition dans le temps des défauts dans le réseau électrique roumain pour mettre en évidence les éléments demandés par les études d'optimisation de la structure des installations électriques et des régimes d'exploitation.

Energetica 16 (1968), no. 1, p. 21–27

CD 621.311.1.019.3

Staicu, C., *Mitroi, A.* et *Teacă, A.* : **Problèmes de fiabilité dans l'exploitation d'un réseau électrique**

Les auteurs présentent une méthode pour évaluer la puissance en défaut et la réserve de puissance. Le traitement suit des bases statistiques et probabilistiques.

Energetica 16 (1968), no. 1, p. 27–31

CD 621.187.1 :621.311.22

Neuberger, G. et *Kaufman, M.* : **Problèmes soulevés par les infiltrations d'eau non-traitée ou seulement partiellement déminéralisée dans le circuit primaire des centrales thermiques à paramètres élevés**

Energetica 16 (1968), no. 1, p. 31–34

CD 621.18 :681.3

Radu-Cernea, A. et *Trifu, C.* : **L'utilisation des calculs exergétiques dans l'étude des procès caractéristiques des chaudières à vapeur**

La méthode exergétique de l'analyse thermo-dynamique est utilisée pour présenter comparativement la structure du bilan énergetique et exergétique pour une chaudière à vapeur (50 tf/h, 100 ata, 540°C).

Energetica 16 (1968), no. 1, p. 34–38

CD 621.31

Pantea, A. et *Stoichiţescu, T.* : **La protection de distance dans les réseaux électriques à moyenne tension**

Résultats de l'expérience faite pour utiliser des protections de distance avec étage rapide dans les réseaux sous moyenne tension de la IRE Ploieşti.

Energetica 16 (1968), no. 1, p. 38–42

CD 621.3: 061.3

Manolescu, G. : **La XXXII-ème Réunion générale de la Commission Electrotechnique Internationale, Prague, Juillet 1967**

Energetica 16 (1968), no. 1, p. 42–43

CONTENTS

DC 621.311.21 :626

Iorgulescu, Fl. and *Focşa, Vl.* : **Iron Gates Hydropower and Navigation System on the Danube, under construction**

Energetica 16 (1968), nr. 1, p. 1–14

DC 621.24.001.2

Pavel, D. : **New methods for dimensioning bulb turbines**

This paper puts us up-to-date in the problem of bulb turbines, the author listing the characteristics of 27 turbines of this type. The methods of dimensioning are similar to those used by the author for other systems of turbines and give good results.

Energetica 16 (1968), nr. 1, p. 14–21

DC 621.311.1.004.64

Constantinescu, E. : **Fault distribution in time in the national power system**

Analyse of distribution in time of faults in the Romanian power system with a view to emphasize elements necessary for studying structure optimization of power installations and of operation conditions.

Energetica 16 (1968), nr. 1, p. 21–27

DC 621.311.1.019.3

Staicu, C., *Mitroi, A.* and *Teacă, A.* : **Operation of a power system-problems of reliability**

A method for estimating failed power and power reserve. The paper deals with statistic and probabilistic data.

Energetica 16 (1968), nr. 1, p. 27–31

CD 621.187.1 :621.311.22

Neuberger, G. and *Kaufman, M.* : **Problems raised by raw water or only partly demineralized water infiltrations in the primary cycle of high parameter thermal power stations**

Energetica 16 (1968), nr. 1, p. 31–34

CD 621.18 :681.3

Radu-Cernea, A. and *Trifu, C.* : **Employ of exergetic calculations in the study of characteristic processes of steam boilers**

By using the exergetic method of thermodynamic analysis, the authors present a comparison between the structure of the energetic and exergetic balance of a steam boiler rated at 50 t/h, 100 ata, 540°C.

Energetica 16 (1968), nr. 1, p. 34–38

DC 621.31

Pantea, A. and *Stoichiţescu, T.* : **Distance protections in medium voltage networks**

Results after experimenting quick stage distance protections in medium voltage networks of the Ploieşti Regional Electric Entreprise.

Energetica 16 (1968), nr. 1, p. 38–42

DC 621.3 :061.3

Manolescu, G. : **The XXXII-nd General Meeting of the International Electrotechnic Commission, Prague, July 1967**

Energetica 16 (1968), nr. 1, p. 42–43

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 16 Nr. 1 IANUARIE

ORSZÁGOS [illegible]

Sistemul hidroenergetic și de navigație Porțile de Fier, în curs de execuție (partea a II-a)

Dr. ing. Fl. Iorgulescu și ing. Vl. Focșa *)

III. Sistemul Porțile de Fier în curs de execuție

1. *Acordul între cele două țări riverane pentru realizarea sistemului Porțile de Fier*

După aprobarea în 1960 a memoriului tehnic-economic, cele două guverne au dispus ca în paralel cu continuarea lucrărilor de studii și proiectare să se înceapă pregătirea documentelor care să stabilească condițiile realizării în comun a sistemului hidroenergetic și de navigație Porțile de Fier, pe Dunăre.

Comisiile guvernamentale stabilite de cele două guverne în acest scop, asistate de un număr corespunzător de experți în probleme tehnice, economico-financiare și juridice, au pregătit între anii 1961 și 1963 ,,Acordul privind realizarea și exploatarea sistemului hidroenergetic și de navigație Porțile de Fier'' și o serie de convenții și documente care reglementează drepturile, obligațiile și toate condițiile și relațiile privind construirea și exploatarea de către cele două țări a sistemului. În afară de acord, au fost pregătite următoarele documente :

— Convenția privind elaborarea proiectelor sistemului ;
— Convenția privind execuția lucrărilor sistemului ;
— Convenția privind despăgubirile pentru pagubele pricinuite prin realizarea sistemului ;
— Convenția privind stabilirea valorii investițiilor și decontarea reciprocă ;
— Convenția privind exploatarea sistemului ;
— Statutul Comisiei mixte româno-iugoslave pentru Porțile de Fier ;
— Protocolul privind trecerea frontierii de stat româno-iugoslave ;
— Scrisori privind rectificarea frontierei pe Dunăre în zona de construcție a sistemului ;
— Scrisori pentru reglementarea unor probleme în legătură cu realizarea și exploatarea sistemului ;
— Scrisori privind acordul ;
— Act final.

Toate aceste documente au fost semnate de cele două guverne la 30 noiembrie 1963, la Belgrad.

Principiile de bază ale acordului prevăd :

— participarea paritară la investiții a celor două țări ;

— participarea paritară la rezultatele amenajării, fiecare țară avînd dreptul la cote egale din energia produsă ;

— proprietatea exclusivă a fiecărei țări asupra construcțiilor și instalațiilor de pe teritoriul său.

Pe baza prevederilor documentelor semnate și pe baza sarcinii de proiectare, care stabilește soluțiile tehnice, valoarea lucrărilor, împărțirea acestora pe executanți, termene intermediare etc., lucrările de construcții au început, inaugurarea lor făcîndu-se la 7 septembrie 1964.

2. *Elementele de bază ale proiectului*

După încheierea în 1960 a memoriului tehnic-economic, au continuat studiile de teren și laborator, precum și lucrările de proiectare pentru elaborarea fazei următoare : sarcina de proiectare, completată cu proiectul pentru organizarea execuției la nivel de proiect tehnic*).

Lucrările de studii au fost deosebit de ample, la volum, complexitate și precizie.

a) Cercetările geologice din primele faze ale proiectării au arătat că amplasamentul construcțiilor trebuia precizat în domeniul unui sector al fluviului de circa 4 km, pe șisturi cristaline, limitate în amonte de o zonă de gresii din formațiile flișului carpatic, iar în aval de formații slabe din miocen, constituite dintr-o alternanţă de variaţie de strate subţiri de marne, conglomerate, gresii marnoase, nisipuri slab cimentate etc., de diferite grosimi şi tării.

---

*) Dr. ing. Florin Iorgulescu este directorul Institutului de studii și proiectări hidroenergetice ; ing. Vlad Focșa este șeful de proiect complex pentru sistemul Porțile de Fier, din acest institut.

*) Ca și memoriul tehnic, toate celelalte faze de proiectare. Sarcina de proiectare, proiectul tehnic, proiectele de execuție au fost elaborate în comun de aceleași institute : Institutul de studii și proiectări hidroenergetice din București și Energoproekt din Belgrad.

Pentru dezvoltarea cercetărilor geologice s-a stabilit un program în trei etape, pornind de la o reţea mai rară de lucrări de cercetare pe întreaga zonă considerată şi pe baza rezultatelor obţinute după fiecare etapă, restrîngînd progresiv zona şi detaliind din ce în ce mai mult cercetările, în vederea determinării profilului geologic în care se poate amplasa ansamblul construcţiilor principale: barajul, centralele şi ecluzele.

Ca rezultat general al cercetărilor geologice, verificate, coroborate şi extinse prin diferitele metode de investigaţie, a reieşit o repartiţie neuniformă a rocilor şi a caracteristicilor lor fizice pe suprafaţa de fundaţie a construcţiilor, care au putut fi grupate în patru categorii:

— zona I, cu cele mai tari roci — gneise granitice, amfibolite — la ecluza aval mal drept şi ecluza amonte mal stîng, reprezentînd cam 20% din suprafaţa totală de fundaţie a construcţiilor;

— zona II, din roci ceva mai slabe — gneise biotitice, granite şi amfibolite — cam 30% din suprafaţa de fundaţie repartizată neuniform la centrale şi baraj;

— zona III, din micaşisturi biotitice mai slabe, pe circa 30 % din suprafaţa de fundaţie, la centrale, ecluze şi baraj;

— zona IV, din micaşisturi biotitice degradate, sub ecluza aval de la malul stîng, reprezentînd circa 15% din suprafaţa totală a construcţiilor.

b) Încercări geotehnice în cicluri complete întreprinse ,,in situ'' în această etapă, pe blocuri de rocă şi de stîncă de 80 × 80 × 80 cm, cu prese plate cu diametrul de 2 m, au permis aprecierea coeficienţilor geotehnici de proiectare, care prezintă mari variaţii, aşa cum se arată în tabela 1.

Tabela 1

Coeficientul	Ecluza mal stîng	Ecluza mal drept	Barajul deversor	Centrala mal stîng	Centrala mal drept
Modulul de elasticitate static, kg/cm^2	10 000 – 45 000	20 000 – 75 000	10 000 – 45 000	20 000 – 75 000	20 000 – 75 000
Unghiul de frecare internă la forfecare rocă-rocă	25 – 50°	45 – 60°	25 – 45°	35 – 55°	35 – 55°
Unghiul de frecare internă la forfecare beton-rocă	30 – 50°	45 – 55°	30 – 50°	33 – 55°	45 – 55°
Coeziunea la forfecare rocă-rocă, kg/cm^2	0,5 – 3,0	2,0 – 5,0	0,5 – 3,0	1 – 4	1 – 4

c) Încercările de permeabilitate făcute în toate forajele au indicat permeabilitatea redusă (sub 1° Lugeon).

Proiectul prevede totuşi un voal de injecţii cu un rînd de foraje verticale de 30 m adîncime la 3 m distanţă, dublat cu un şir de foraje mai scurte (10 m), la 3 m distanţă, injectate spre amonte (sub 15° cu verticala).

d) Pentru definitivarea soluţiilor tehnice a fost efectuat un volum vast de încercări pe model, în laboratoarele hidrotehnice I.S.P.H. şi I.S.C.H. din Bucureşti şi Avala — Belgrad. Au fost construite peste 20 de modele la scări între 1 : 20 şi 1 : 125, din care unul de ansamblu reproduce un sector de 8 km al fluviului. Pe aceste modele s-au studiat principalele probleme pe care le pune dispoziţia de ansamblu a construcţiilor, hidraulica barajului, a ecluzei, problemele de deviere a apelor, de închidere a albiei, de desfăşurare a navigaţiei în timpul construcţiei, de funcţionare a centralei şi evacuatorilor pentru ape mari şi gheţuri în diferite situaţii de exploatare; de asemenea a fost studiată în amănunt forma optimă a construcţiilor; deversoare, disipatoare, funcţionarea ecluzei, bazinul de liniştire etc.

e) Problemele piscicole au fost studiate temeinic de către institutele de specialitate din cele două ţări. Concluziile studiului arată că în sectorul Porţile de Fier nu trece decît un număr neînsemnat de migratori de distanţe lungi; sectorul este populat de migratori locali. De aceea nu apar ca necesare dispozitive de trecere a peştilor din aval spre amonte. În scopul menţinerii şi dezvoltării populaţiei piscicole în noile condiţii create după bararea fluviului, studiile cer amenajarea a două pepiniere piscicole de amploare, cîte una pe fiecare mal, care au fost prevăzute în proiecte şi a căror execuţie a început.

f) Profilul în lung al fluviului în amonte de baraj prezintă în zona cataractelor o pantă pronunţată, care se reduce mult în amonte de confluenţa cu Nera.

Calculele energetice au arătat că potenţialul hidroenergetic net al Dunării, la debite medii, reprezintă pe 132 km între Nera şi baraj 1284 MW, iar pe 87 km între Nera şi Belgrad numai

160 MW. Potențialul fluviului între Nera și Belgrad nu putea fi utilizat într-o centrală hidroelectrică separată din cauza căderii mici pe care ar realiza-o și a necesității de supraînălțare pe întreaga zonă de remuu a îndiguirilor existente pentru protejarea terenurilor riverane, ambele reprezentînd elemente neeconomice.

Concepția proiectului, vizînd utilizarea în centrala de la Porțile de Fier a unei părți cît mai importante din potențialul de care dispune fluviul în amonte de Nera, a fost adoptarea unei cote de retenție variabilă, astfel ca la ape mici să se utilizeze cît mai mult din potențialul din amonte de Nera, menținînd la baraj o cotă de retenție ridicată, fără însă a fi necesară decît în mică măsură supraînălțarea digurilor. La ape mari, cota de retenție la baraj este coborîtă, pentru a limita inundațiile în amonte.

Au fost analizate diferite diapazoane de variație a cotei de retenție : 63—65 ; 63—67 ; 63—68 și 63 — 69,5 md.M.A. S-a adoptat drept cotă de control cota 68 și respectiv 69,5 m. d. M. A. la Nera, care reprezintă practic punctul ruperii de pantă a profilului în lung. Calculele tehnico-economice, care au ținut seamă, pe de o parte, de puterea și producția de energie electrică obținută în plus, și, pe de altă parte, de investițiile, despăgubirile și cheltuielile anuale suplimentare, au arătat că este avantajoasă variația cotei de retenție de la 63 la 69,5 m d. M. A. Totuși, avînd în vedere lipsa de studii suficiente privind influența ridicării nivelului apelor asupra terenurilor riverane, în prima etapă de exploatare s-a decis adoptarea unei cote de retenție la baraj care variază între 63 și 68 md.M.A., fixîndu-se cota de control la Nera 68.

S-a hotărît însă ca încă de la început construcțiile să fie realizate astfel ca să permită retenția de lungă durată la baraj pînă la cota 69,5 pentru ca, în cazul în care studiile ulterioare o vor confirma, nivelul de control la Nera să fie ridicat la 69,5.

Cota de retenție va putea fi ținută la 69,5 pe durată scurtă și în prima etapă, cînd ridicarea nivelului apelor nu va prejudicia asupra culturilor terenurilor riverane (iarna).

Nivelul de control la Nera înseamnă că la baraj retenția variază între 68 și 63 pentru debite afluente de la 0 la 7350 m^3/s ; peste acest debit, cota de retenție la baraj rămîne la 63, deoarece la debite superioare acestuia remuul creat de baraj se stinge înainte de Nera, la confluența cu Nera stabilindu-se nivelele din regim nebarat.

În cazul nivelului de control 69,5 la Nera, cota de retenție la baraj variază de la 69,5 la 63 pentru debite afluente de la 0 la 10 100 m^3/s, adică practic întreg anul cota de retenție la baraj depășește 63.

g) Prin calcule energo-economice, într-un volum deosebit de amplu, au fost analizate debite instalate de 7000—10 000 m^3/s, pentru condițiile de retenție adoptate, atît pentru exploatarea pe firul apei cît și pentru exploatarea de vîrf, conform diagramei de sarcină zilnică comună admisă cu partea iugoslavă.

Investițiile au cuprins lucrările de construcție și echipamente la întregul ansamblu hidrotehnic.

Cu datele energetice și de investiții calculate a fost calculat prețul de cost al energiei și puterii obținute în plus, prin mărirea debitului instalat ; optimul a fost considerat acela la care acestea reprezintă un avantaj față de indicii energo-economici ai unei centrale termoelectrice moderne de înlocuire.

Debitul instalat cel mai avantajos, atît la exploatarea pe firul apei, cît și de vîrf, a rezultat $Q_i = 8\,500$ m^3/s pentru cota de retenție de 68 md.M.A. La cota de retenție 69,5 md. M.A. Q_i crește la 8 700 m^3/s, urmare a sporirii capacității de înghițire a turbinelor cu mărirea căderii.

Analiza puterilor maxime lunare și zilnice a arătat că vîrfurile de sarcină apar la ambele sisteme energetice naționale (român și iugoslav) în decembrie. De aceea s-a acceptat criteriul ca puterea instalată să acopere diagrama de sarcină admisă în luna decembrie, la debite pe fluviu avînd o asigurare de 90% în această lună (2 700 m^3/s) ; la acest debit a fost determinată căderea la turbine, ținînd seamă de regimul amonte. Puterea instalată a centralei hidroelectrice a rezultat astfel de 2 050 MW.

h) Producția de energie electrică a fost calculată pentru anii hidrologici caracteristici din șirul anilor perioadei hidrologice de calcul :

— anul secetos, cu o asigurare în producția de energie de 90% și cu cea mai mică abatere a producției de energie electrică în decadele din perioada septembrie — februarie ; anul secetos 1951—1952 a satisfăcut cel mai apropiat aceste criterii ;

— anul hidrologic normal 1943—1944, în care producția de energie electrică este aproximativ egală cu cea din anul hidrologic mediu ;

— anul ploios cu asigurare în producția de energie electrică de 10% ; anul ploios care a satisfăcut cel mai apropiat acest criteriu a fost 1954—1955.

i) Pentru alegerea numărului optim de agregate (turbină-generator) în centrala electrică s-au analizat variante cu număr par de agregate (deoarece trebuie instalate în două centrale electrice de putere egală), și anume cu 10, 12, 14 și 16 agregate, calculîndu-se la fiecare variantă, pe de o parte, efectul energetic suplimentar la creșterea numărului de agregate și, pe de altă parte, creșterea investițiilor, la echipamente, la lucrările de construcție ale centralei și la întreg ansamblul hidrotehnic (respectiv influența asupra lungimii frontului barajului deversor). Rezultatul analizei a arătat următoarele :

— varianta cu 10 agregate se elimină din cauza posibilităților tehnice la realizarea lagărelor axiale, care sînt limitate la nivelul actual al tehnicii la forțe axiale de 4000 t ;

— varianta cu 16 agregate prezintă o scădere a producției de energie și o creștere a investițiilor (în special la lucrările de construcție) ;

— între variantele cu 12 și 14 agregate, diferențele de investiții și la producția de energie sînt reduse. Față de aceasta s-a adoptat varianta cu 12 agregate (cîte șase în fiecare centrală).

j) Cu 12 agregate s-a stabilit puterea și producția de energie electrică, după cum se arată în tabela 2.

Tabela 2

Titlul	Cota maximă de retenție m d. M. A.	
	68	69,5
Puterea maximă disponibilă, MW	2 030	2 050
Puterea disponibilă garantată pt. $Q = 2\,700$ m^3/s, MW	1 387	1 465
Producția de energie la funcționarea pe firul apei, GWh/an	10 950	11 950
Producția de energie la funcționarea la vîrf, GWh/an	10 390	11 410
din care :		
— energie de bază	6 070	6 590
— energie de semivîrf și vîrf	4 320	4 820

La împărțirea cantităților de energie pe calități s-au avut în vedere aceleași criterii ca la memoriul tehnic-economic.

Ținînd seamă de efectul regimului nepermanent, aceste cantități de energie vor crește cu circa 3—4%.

k) Funcționarea centralelor electrice potrivit diagramelor zilnice de consum, cu vîrfuri de sarcină și încărcare redusă, provoacă în bieful aval oscilații de nivel a căror amplitudine maximă variază lîngă baraj, în funcție de debitele afluente, astfel : la debite peste 8 500 m ^{3}/s, variațiile de nivel sînt zero ; ele ating un maxim de circa 3,0 m într-un interval de două ore la debite afluente de 4 500 m ^{3}/s și la debite afluente mai mici. Amplitudinea oscilațiilor descrește spre aval, la Tr. Severin atingînd maximum 2 m, iar în aval de Timoc se reduce la numai cîțiva cm.

Aceste oscilații se vor anula practic după construcția centralei hidroelectrice din aval. Vasele, navigînd spre amonte în intervalul de două ore, în care are loc ridicarea cotei, nu înregistrează variația de nivel sub forma unui val, deoarece perioada oscilației este foarte mare ; navele resimt fenomenul sub forma unei mici creșteri de pantă a oglinzii apei spre amonte, care poate atinge pe primii 2 km în aval de baraj, în cele mai defavorabile cazuri, $0{,}4\,^0/_{00}$, față de panta în regim permanent de $0{,}15\,^0/_{00}$; aceasta reprezintă o foarte redusă încetinire la înaintare spre amonte (paralel cu o accelerare echivalentă la circulația vaselor spre aval), în special pe sectorul de 11 km de la Tr. Severin pînă la intrarea în portul aval al ecluzelor ; în aval de Tr. Severin, influența este practic nulă.

l) Sectorul fluviului care, pe baza studiilor anterioare, apărea interesant pentru amplasarea construcțiilor, se întindea pe o lungime de peste 4 km, cu o diferență de nivel de ape medii de peste 0,6 m. Avînd în vedere că fiecare centimetru de cădere amenajat în plus reprezintă o producție suplimentară de energie electrică de peste 4 mil. kWh/an, pentru alegerea profilului fluviului în care să se amplaseze barajul s-au întreprins ample studii de teren și calcule tehnico-economice laborioase ; s-au luat în considerație următoarele elemente de analiză : topografice, geologice, energetice, precum și posibilitățile de deviere a apelor și asigurarea permanentă a navigației în timpul execuției.

Studierea diferitelor variante în care s-a stabilit ponderea tehnico-economică-energetică a acestor multiple criterii a dus la alegerea definitivă a poziției axului barajului la km D. 942 + 950, din următoarele considerente principale :

— topografia profilului asigură o amplasare favorabilă a construcțiilor din ansamblul hidrotehnic, cu volume de lucrări mai mici decît în alte amplasamente ;

— din punctul de vedere al condițiilor de fundație, rezultatele studiilor geologice și geotehnice arată că acest amplasament asigură pentru construcții zonele cele mai avantajoase ;

— din punct de vedere energetic, profilul ales permite utilizarea energetică maximă a zonei studiate în condițiile amplasării fundațiilor construcțiilor în zona de formații cristaline favorabile ;

— din punctul de vedere al devierii apelor, amplasamentul oferă avantajul utilizării insulei Tîrkviște ca o parte din batardou.

3. *Dispoziția generală a construcțiilor*

Pentru stabilirea dispoziției generale optime, trebuiau combinate într-un ansamblu cît mai judicios barajul deversor, a cărui lungime a fost stabilită la 441 m, două centrale electrice (fiecare de 221 m) și două ecluze de navigație, pe o lățime totală a văii măsurată la cota 69,5 m d. M. A. de 1 100 m (racordările laterale ale construcțiilor cu malurile fiind gîndite prin baraje de pămînt).

— Din punct de vedere energetic, studiile pe model hidraulic au pus în evidență o coborîre locală accentuată a nivelului apei lîngă malul la care s-ar amplasa ambele centrale, față de cazul în care centralele sînt fiecare lîngă alt mal; fenomenul este invers la ieșirea din turbine, unde nivelul apei local se ridică mai sus în cazul amplasării ambelor centrale lîngă un mal decît în cazul cu cîte o centrală lîngă fiecare mal. Aceasta provoacă, pentru aceeași cotă de retenție, o pierdere de energie electrică (însumată pe curba de durată a debitelor) de circa 40 GWh/an în anul hidrologic mediu; calculînd cu 1 ct S.U.A. costul unui kWh, sporul de energie reprezenta 400 000 $/an.

— Amplasarea centralei fiecărei țări lîngă malul său permite o exploatare energetică complet independentă, potrivit nevoilor sistemului energetic al țării respective.

— Dispoziția simetrică a construcțiilor cu cîte o centrală electrică și o ecluză lîngă fiecare mal a permis o rezolvare favorabilă a problemei modificării frontierei de stat, astfel ca uvrajele aparținînd fiecărei țări să fie situate pe teritoriul propriu.

— Din punctul de vedere al navigației, ecluzele separate, cîte una lîngă fiecare mal, asigură navigației internaționale de pe acest fluviu deplină siguranță; la ecluze alăturate, avaricrea sau scufundarea unui vas în avanporturi ar fi însemnat oprirea totală a navigației pe perioada lucrărilor de remediere.

— Din punctul de vedere al evacuării apelor mari și în special a ghețurilor, poziția barajului în mijlocul albiei este cea mai favorabilă.

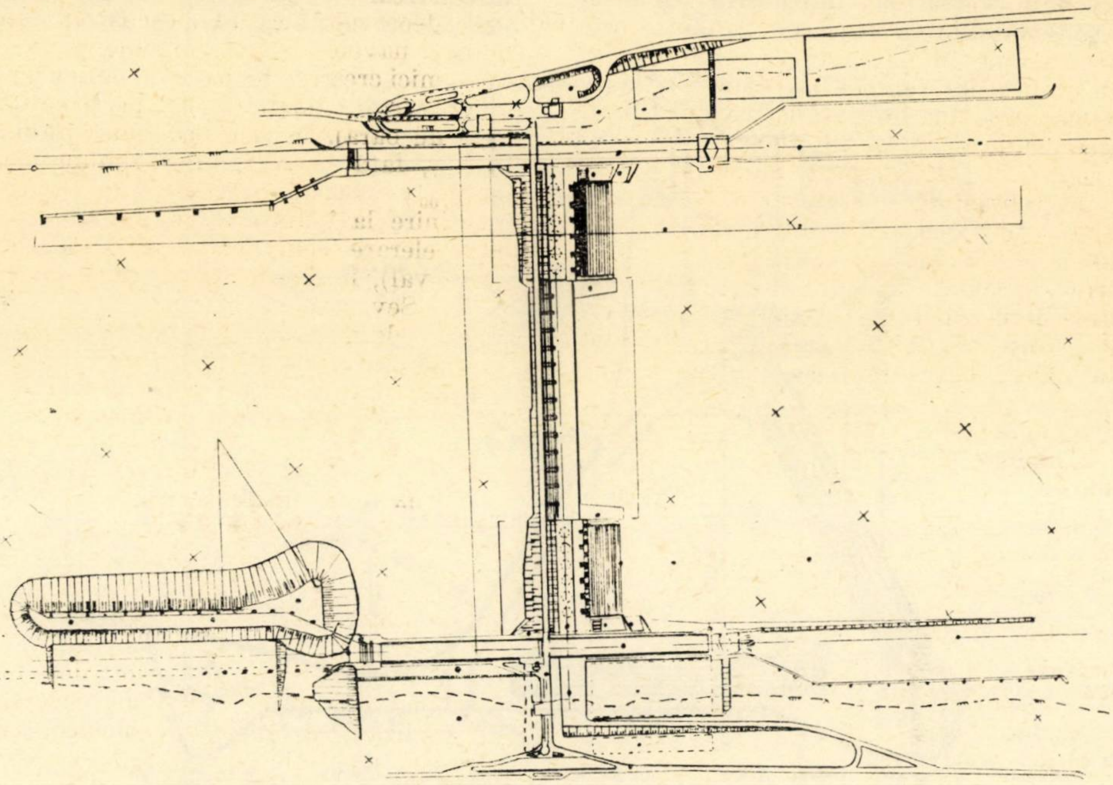


Fig. 1. Dispoziția generală.

— Din punctul de vedere al execuției, prin crearea a două șantiere independente, la care se lucrează concomitent și în condiții optime, fiecare executant pornind de la bazele de pe teritoriul său, duce la o construcție mai economică, estimările indicînd totodată o reducere a termenului de construcție cu circa 5—6 luni. Fiecare lună de scurtare a termenului echivalează cu un cîștig de circa 900 milioane kWh, care la prețul de 1 ct/kWh înseamnă 9 milioane $, adică peste 5% din investițiile în lucrările de construcție.

În cadrul prezentării ulterioare a construcțiilor principale, se vor arăta condițiile de determinare a lungimii barajului deversor și a numărului optim de agregate, care a stabilit lungimea centralelor. Cu aceste elemente s-au analizat o serie de variante prin translația construcțiilor în cadrul frontului ansamblului; ținînd seamă de condițiile de execuție, de navigație și de exploatare, s-a prevăzut poziția diferitelor uvraje, ca un optim tehnico-economic.

4. *Barajul*

În profilul barajului, stratificaţia rocilor este în general perpendiculară pe direcţia de curgere a fluviului; din punctul de vedere al posibilităţilor de infiltrare pe sub baraj, situaţia este deci favorabilă; după cum s-a menţionat, permeabilitatea rocii de fundaţie este în general redusă, stratele cad 60—80 ° spre aval pe partea din stînga a albiei şi au aceeaşi înclinare spre amonte în partea din dreapta.

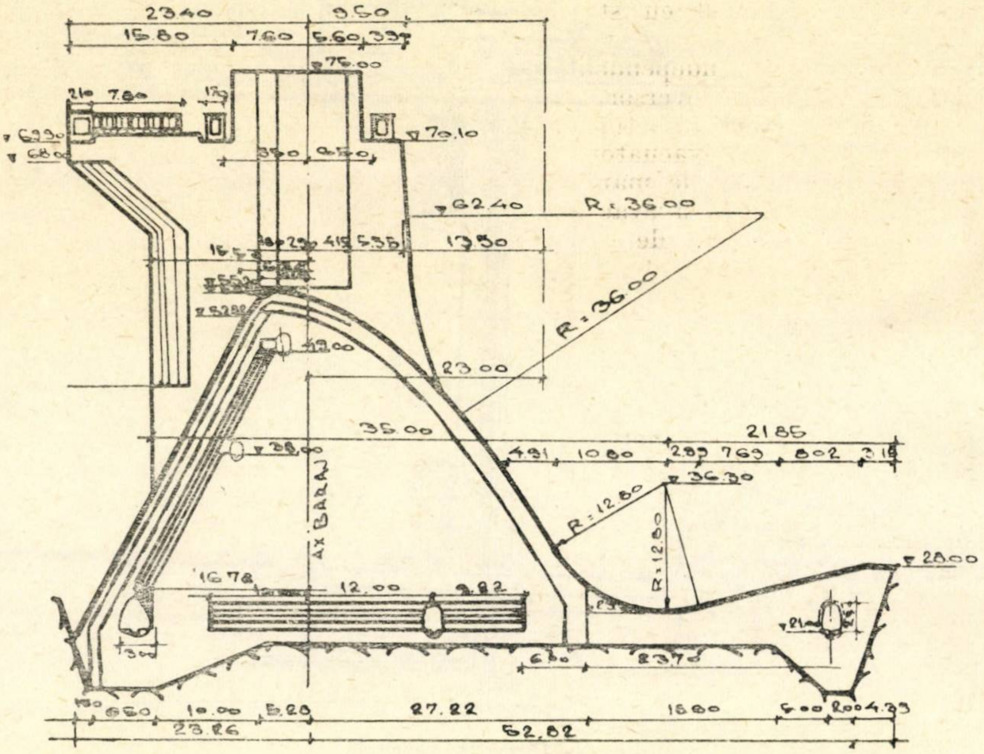


Fig. 2. Barajul.

În zona barajului, coeficientul de alunecare beton-rocă (vezi şi tabela 2), variază între 0,5 şi 0,6; s-a admis presiunea pe teren de 12—15 kg/cm ^{2}.

Dimensionarea capacităţii de deversare a barajului s-a făcut pentru debitul de 19 300 m ^{3}/s (cu asigurare 0,1%) în ipoteza cu două stavile ale barajului deversor indisponibile şi 80% din turbine în funcţiune. Capacitatea de evacuare s-a verificat şi pentru debitul ipotetic cu frecvenţa o dată la 1000 ani — 22 200 m ^{3}/s, cu toate stavilele şi 90% din turbine în funcţiune.

Pentru barajul deversor s-au analizat diferite tipuri de baraj (cu contraforturi, cu rosturi lărgite, gravitaţional); de asemenea au fost cercetate diferite tipuri de vane şi de dispoziţii cu vane pe creasta deversorului şi goliri de fund. Studiul tehnico-economic al diferitelor variante, care ţine seamă de condiţiile de stabilitate, de evacuare a apelor mari şi a gheţii, de execuţie şi de termenul de dare în exploatare, a justificat tipul de baraj gravitaţional, cu stavile plane dublu cîrlig pe deversor. Profilul barajului este triunghiular cu paramentul amonte 1 : 0,38 şi cel aval după o curbă deversantă convenabilă hidraulic.

Au fost analizate deschideri ale cîmpurilor deversoare de 20, 25 şi 30 m, adoptîndu-se deschideri de 25 m, care de altfel s-au dovedit suficiente şi la centralele hidroelectrice de pe Dunărea superioară. Lungimea totală de deversare este de 14 cîmpuri de 25 m (350 m); lăţimea pilelor despărţitoare ale cîmpurilor a fost dimensionată corespunzător mecanismelor de acţionare a stavilelor la 7 m lăţime, astfel că lungimea totală a barajului însumează 441 m.

Barajul este fundat la cota 20 m; creasta deversorului este la cota 55,2 m, impusă de condiţia de deversare a 13 200 m ^{3}/s, cu o lamă deversantă de 7,80 m; coronamentul pilelor este la cota 75,0; înălţimea maximă a barajului deversor măsoară astfel circa 40 m, iar a pilelor 55 m.

Detaliile constructive reies din schiţa transversală din figura 2. De remarcat că pentru reducerea influenţei subpresiunilor, la şapte cîmpuri din dreapta s-au prevăzut drenuri continue pe talpa de fundaţie, iar la şapte cîmpuri din stînga drenuri verticale forate. Spre amonte se realizează un pinten din beton, fundat la cota 15 m. S-au prevăzut patru galerii de observaţie, injecţii şi drenaj şi spre amonte etanşare dublă (cu cauciuc şi tolă de cupru) şi suplimentar o pană de beton armat.

Voalul de injecţie se realizează printr-un rînd de foraje de 30 m la 3 m şi un al doilea rînd la 0,5 m în amonte, cu foraje înclinate, de 10 m. Stratele superioare sub baraj se consolidează printr-o reţea de injecţie de ciment de 5 m adîncime la 4 m.

Cîmpurile deversoare se închid cu stavile plane duble de 25 m × 14,5 m, fiecare panou avînd posibilitate de manevră independentă; stavila superioară are un cîrlig deversor care uşurează deversarea apei şi trecerea gheţurilor; stavila inferioară are şi rol de evacuator de fund. Aceste multiple posibilităţi de manevră asigură un reglaj fin al retenţiei şi evacuării debitelor. Stavilele sînt manevrate de servomotoare hidraulice prin comandă individuală sau centralizat, din camera dispecerului hidroenergetic.

În faţa vanelor sînt prevăzute elemente de batardou permiţînd reparaţia vanelor, manevrate de două macarale-portal de 160 t, care deservesc şi vanele de la centrală şi pot trece peste ecluză pe mal, la depozitele de batardouri.

Pilele susţin în partea din amonte o şosea cu partea carosabilă de 7,40 m lăţime şi trotuar. Este prevăzută de asemenea posibilitatea amenajării în viitor a unei căi ferate normale.

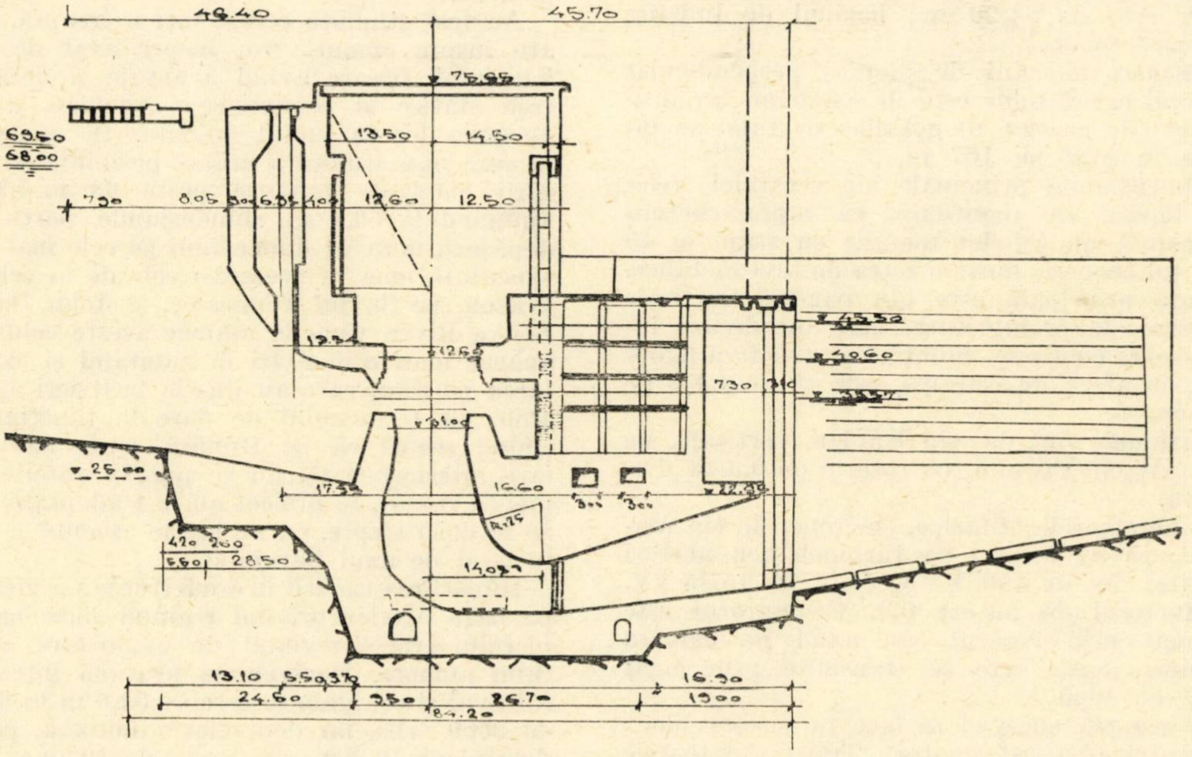


Fig. 3. Centrala.

Apa deversată cade într-un disipator de energie de tip cilindric de 18,7 m lungime şi 6,5 m adîncime, cu pinten puternic în aval. Prin încercări pe model s-a obţinut o formă cilindrică convenabilă a disipatorului şi o lungime neobişnuit de redusă.

Pentru disiparea debitelor deversate cu gheţuri iarna au fost destinate cîmpurile centrale, la care radierul disipatorului a fost coborît cu 2,5 m.

Racordul între ecluză şi maluri se realizează pe partea stîngă printr-un baraj de pămînt de 186m, cu miez de argilă, cu coronamentul sub forma unei platforme la cota 72,5, şi o platformă în aval la cota 66, înălţimea maximă de circa 40 m. Pe malul drept, barajul nedeversor de racord are 60 m, este din anrocamente cu nucleu de argilă, are o platformă cu coronamentul la cota 72,5 m şi o a doua platformă în aval la cota 53,5 m.

5. *Centralele electrice*

La centralele electrice, terenul prezintă caracteristici bune de fundaţie, asemănătoare pe cele două maluri: gneise biotitice tari, cu intercalaţii de gneise biotitice şistoase.

Nivelul maxim de retenţie este de 69,5 m, iar nivelul minim în bieful aval de 35,24 m; căderea disponibilă la turbine variază astfel de la 34 m la 19,2 m, căderea medie de calcul la turbine fiind de 27,16 m.

Centralele funcţionează cu regularitate zilnic-orară. Ele trebuie să deflueze permanent în aval, în perioadele de navigaţie, un debit de minimum 2 000 m^3 /s, necesar pentru asigurarea pescajului. În perioadele cu debit afluent mai mare decît debitul instalat (8500 m^3/s), centrala funcționează la baza graficului de sarcină și chiar deversează. În perioadele cu debite mai mici de 8500 m ^{3}/s, debitele peste 2000 m^3/s necesare navigației pot fi acumulate în orele cu sarcină redusă și utilizate în orele de vîrf.

Din punct de vedere constructiv, centrala reprezintă un tip caracteristic de centrală-baraj de joasă cădere, la care frontul amonte este și construcția de barare a fluviului.

Înălțimea constructivă a centralei este de 75 m de la fundație la acoperiș.

Centrala este construită din patru blocuri: trei blocuri de cîte 60—64 m lățime conțin fiecare cîte două agregate turbină-generator, deci în total șase agregate, iar al patrulea, blocul de montaj, de 20 m lățime, servește ca platformă pentru montarea și repararea agregatelor și are prevăzute la partea inferioară trei goliri de fund pentru evacuarea apelor mari în timpul execuției și exploatării, precum și pentru spălările de aluviuni depuse în fața centralelor.

Lungimea centralei propriu-zise este de 184 m, iar împreună cu blocul de montaj 210 m, iar lățimea, perpendicular pe axul agregatelor, este de 84,20 m; bazinul de liniștire măsoară 67 m.

Lățimea blocului de montaj perpendicular pe axul agregatelor este de 84,20 m, iar disipatorul de energie al golirilor de fund se întinde în aval pe 107 m.

Dimensiunile principale ale centralei reies din figură. De menționat că suprastructura reprezintă un schelet metalic cu stîlpi la 15 m și un acoperiș dintr-o rețea de țevi metalice. Fațada principală este din panouri verticale trapezoidale prefabricate, care încadrează luminatoare continue. Soluția constructivă adoptată, în afară de estetică, este și deosebit de economică.

Turbinele sînt de tip Kaplan, verticale, de 168 MW, 75 rot/min, cu rotorul de 9,3 m diametru.

Generatoarele trifazice, sincrone, de tip umbrelă, pe ax comun cu turbinele (cu aceeași turație) sînt de 190 MVA, emit în 15,75 kV, au factorul de putere 0,9. Generatorul este rezemat prin lagărul său axial pe carcasa turbinei, forța care se transmite prin lagăr fiind de 4000 t.

Evacuarea energiei se face în sistem bloc: generator — transformator. Transformatoarele trifazice, în ulei, sînt de 190 MVA: pe malul stîng de 15,75/242 kV și pe malul drept de 15,75/410 kV. Sînt amplasate pe platforma din aval a centralei la cota 47,7 m.

Fiecare centrală electrică este dotată cu două poduri rulante de cîte 400 t.

Priza turbinelor se poate închide cu vane rapide, care pot fi coborîte în curent pentru protecția turbinelor în cazul ambalării.

Toate echipamentele hidromecanice se construiesc în cele două țări după proiecte elaborate în U. R. S. S. și detaliate de institutele de proiectare din R. S. România și R. S. F. Iugoslavia.

Turbinele și generatoarele se proiectează în U. R. S. S. (K. L. M. și Elektrosila) și se execută: șase în U. R. S. S., trei în R. S. România și trei în R. S. F. Iugoslavia.

Pe malul stîng sînt prevăzute două stații de conexiuni, de 220 kV și 400 kV, pentru evacuarea energiei prin linii de aceste tensiuni în sistemul energetic al R. S. România. Pe malul stîng este proiectată o singură stație de conexiuni de 400 kV. Stațiile de conexiuni de 400 kV de pe cele două maluri sînt interconectate printr-o linie aeriană în această tensiune.

6. *Ecluzele de navigație*

Studiul ecluzelor a fost deosebit de amplu, datorită faptului că în diferitele variante multe din elementele lor au dimensiuni mari în comparație cu ecluzele construite pînă în prezent.

Au fost studiate ecluze într-o treaptă, situate înspre amonte sau înspre aval de axul barajului, fiecare avînd avantaje și dezavantaje statice și economice; concluzia a fost așezarea lor în bieful amonte. În momentul în care însă studiul a arătat posibilitatea ridicării cotei de retenție peste 63 m.d.M.A., ajungînd la 69,5 m, dimensiunile porții aval depășeau mult ca dimensiuni pe cele mai mari executate pînă în prezent: cele de la ecluzele Wilson, pe fluviul Tennessee, și John Day pe Snake River. Cum la ambele aceste ecluze au apărut mari dificultăți la montajul și exploatarea porților, care au dus la întîrzieri apreciabile ale termenului de dare în funcțiune și ținînd seamă că pe Dunăre, unde navigația este internațională, nu se puteau admite asemenea riscuri, în proiect au fost adoptate ecluze în două trepte, cu un sas în amonte și unul în aval de axul barajului.

Împărțirea căderii în două trepte s-a efectuat pe baza datelor privind regimul hidrologic al biefului aval și regimul de exploatare a biefului amonte. Denivelarea maximă între bieful aval și cel amonte este de 34,0 m la debite de 2000 m^3/s, iar denivelarea minimă, pentru debitul de 19 300 m ^{3}/s, este de 19,20 m. Împărțirea căderii s-a făcut luînd ca bază un nivel intermediar la 52 m.

În sasul amonte, nivelul variază între cota biefului amonte de 69,5—63 m și cota 52 m, radierul sasului fiind proiectat la cota 46,25 m, asigurînd un pescaj de peste 4,5 m.

În sasul aval, nivelul variază între cota 52 m și nivelul biefului aval, care poate oscila între 35,5 m la debitul de 2000 m^3/s și 44,80 m la debitul de 19 300 m^3/s; radierul sasului este proiectat la 30,50, asigurînd pescajul de minimum 4,5 m.

Dimensiunile în plan ale fiecărui sas sînt: 310 m lungime și 34 m lățime, dimensiuni corespunzînd recomandărilor Comisiei Dunării.

Din punct de vedere static, sistemul ales este de ecluză-doc, în care radierul și barajele suportă sarcini care variază la umplerea sau golirea sasurilor. Dimensiunile principale reies din figură.

Studiile pe model ale diferitelor variante de alimentare au stabilit că se poate obține o ridicare liniștită a planului de apă, cu viteze raționale, distribuția făcîndu-se din galeriile de fund longitudinale în două zone de conducte secundare, prevăzute cu orificii laterale de evacuare; ținînd seamă de lungimea mare a sasului, orificiile de fund nu au fost distribuite pe întregul sas, ci au cuprins numai două zone situate în a doua și a patra cincime a sasului.

Alimentarea se face din portul amonte prin galerii laterale prevăzute în capul amonte și similar la capul intermediar. Sistemul umplerii este același pentru ambele sasuri. Golirea sasului aval se face în afara portului aval prin galerii de ocolire prevăzute în partea dinspre apă a ecluzei.

Sasul amonte este închis spre lacul de acumulare prin porți plane de 34 m lățime și 12,40 m înălțime, care coboară în nișe prevăzute în prag. În afară de poarta de serviciu există o poartă de reparații în amonte. Dispozitivele de închidere și deschidere sînt servomotoare cu ulei sub presiune, telecomandate.

La capul intermediar se prevede o poartă plană, tot coborîtoare, de 34 m lățime și 15,75 m înălțime, care, prin forțele pe care le preia, reprezintă un record mondial.

Sasul aval se închide spre portul aval cu porți buscate, de 34 m lățime și 22 m înălțime. O a doua poartă buscată inversă în aval, de 34 m lățime și 12,15 m înălțime, servește pentru revizii și reparații.

În galeriile de umplere sînt prevăzute vane de lucru și de reparații la fiecare cap al ecluzei.

Pentru funcționarea servomotoarelor de manevră a vanelor și a celorlalte instalații electrice ale ecluzei servesc trei transformatoare de 6/0,4 kV, amplasate cîte unul la fiecare cap și alimentate de la stația de 6 kV pentru serviciile proprii ale centralei.

Operațiile de ecluzare sînt automatizate, fiind telecomandate de la un turn de comandă situat la capul intermediar. Pentru desfășurarea corectă pe orice vreme a ecluzării servesc instalații de semnalizare optice, acustice și o rețea locală de televiziune și radar.

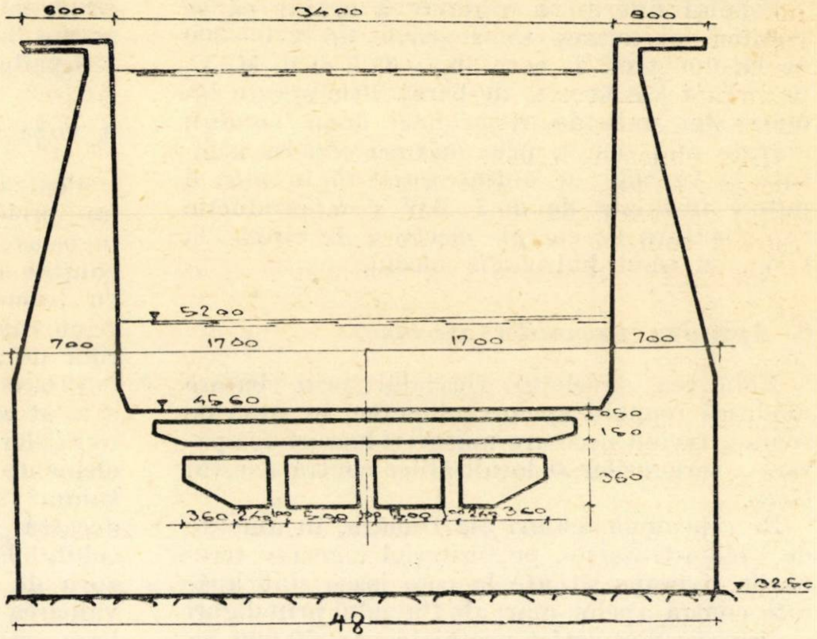


Fig. 4. Ecluza.

Timpul de ecluzare este de 60—70 min. Dimensiunile ecluzelor permit ecluzarea într-un singur ciclu a celor mai mari convoaie compuse din remorcher și nouă șlepuri de 1200 tone.

În amonte și aval de ecluză sînt amenajate avanporturi de 100 m lățime. Avanporturile amonte au 580 m lungime: la malul stîng este protejat spre apă, prin pontoane plutitoare de 72 m lungime, care culisează pe șase piloni din beton armat, de 37 m înălțime, urmărind variațiile de nivel din lacul de acumulare, între cotele 63 și 69,5 m; la malul drept este separat de fluviu printr-un dig din anrocamente; această dispoziție s-a adoptat ținînd seamă de cota mai ridicată a terenului pe malul drept și a reprezentat o soluție mai economică în această situație, datorită și nevoii de plasare a unui exces de material rezultat din excavațiile la centrală.

Avanporturile aval, de 550 m lungime, sînt protejate de variațiile rapide ale nivelului aval rezultate de la exploatarea la vîrf a centralei, prin ziduri continue de beton armat, în timp ce spre mal sînt proiectate cheiuri de aceeași lungime, cu rol operativ pentru desfășurarea navigației.

7. *Excavarea albiei în bieful aval*

Proiectul prevede amenajarea albiei Dunării în aval de baraj în vederea:

— asigurării unor condiții egale de exploatare la cele două centrale electrice;

— crearea unor condiţii egale de acces la cele două ecluze;

— obţinerea unei puteri şi producţii de energie electrică suplimentară.

Studiul diferitelor variante a arătat că se justifică excavarea unor şenale de 270—300 m lăţime pînă la cota 30,5—31,5 m d. M. A., pe circa 4 km în aval de baraj. Prin aceste lucrări sînt satisfăcute primele două condiţii arătate mai sus şi, prin mărirea căderii utilizate la turbine, se obţine totodată în plus o putere instalată de 26,7 MW şi o producţie suplimentară de energie electrică de circa 225 GWh în anul hidrologic mediu.

8. *Apărarea terenurilor riverane*

Ridicarea nivelului fluviului prin barare modifică regimul apelor subterane, în zona de remuu, făcînd necesare măsuri şi lucrări de apărare a terenurilor şi localităţilor contra acestui efect.

Pe cele două maluri ale Dunării, în amonte de Veliko-Grădişte, pe teritoriul iugoslav terenurile riverane situate la cote joase sînt apărate contra apelor mari ale fluviului prin diguri şi drenaje. Sînt astfel protejate circa 70 000 ha grupate în şase mari sisteme ameliorative, din care sistemul Pancevanski-Rit măsoară singur 32 000 ha. Lucrările de apărare existente constau în principal din diguri (201 km) şi din sisteme de desecare cu canalizări şi staţii de pompare cu o capacitate de 51 m ³/s şi o putere instalată de 5000 kW.

Studiile au arătat că pentru debite în fluviu mai mari decît 7 350 m ³/s (care reprezintă un număr de zile relativ mic în timpul anului) influenţa barajului de la Porţile de Fier este minimă; pentru debite mai mici, influenţa creşte cu cît debitul afluent este mai mic, prin mărirea diferenţei între curbele de remuu în regim barat şi în regim natural.

Proiectul prevede următoarele lucrări de apărare:

a) Reconstrucţia taluzului amonte al digurilor şi înlocuirea taluzului de iarbă cu pereu de beton.

b) Pentru asigurarea stabilităţii digurilor în noile condiţii, consolidarea taluzului şi piciorului aval pe 50 km de dig, prin umpluturi de pămînt în volum total de 2,74 milioane m³.

c) Supraînălţarea digurilor pe 128 km, reprezentînd un volum de 3,29 milioane m³.

d) Drenarea apelor subterane în spatele digurilor:

— printr-un canal frontal de drenaj adînc, situat la 80—450 m de dig (pe malul stîng al Dunării, între Dubovăţ şi Kovin, precum şi pe malul drept, la o parte din sistemele Godominsk şi Veliko—Grădişte);

— printr-un front de puţuri de drenaj de 1000 mm şi 750 mm diametru (pe sectorul Kovin—Dubovăţ, o parte din sistemele Godominsk şi din Veliko—Grădişte);

— printr-un sistem mixt (pe sectorul Kovin—Ivanovo—Pancevo şi sistemul Pancevanski—Rit pînă la Dunăre şi Timiş).

e) Apărarea localităţilor afectate, printr-un front de puţuri drenate de 35 km; printre aceste localităţi sînt şi cartierele joase din Belgradul nou.

9. *Organizarea execuţiei*

Pentru organizarea execuţiei s-a elaborat un proiect comun cu proiectantul general iugoslav, la nivel de proiect tehnic. Proiectul conţine un plan general de execuţie comun, cu termene intermediare şi finale obligatorii şi cu caiete de sarcini privind calitatea lucrărilor de asemenea obligatorii.

Proiectul comun de organizare a şantierului a avut ca bază soluţiile tehnice şi dimensiunile uvrajelor din proiectele comune şi a adoptat elemente medii pentru productivităţi, consumuri specifice, tipuri de utilaje etc. Pe această bază — oarecum convenţională, dar echitabilă — s-au proiectat lucrările provizorii de organizare a execuţiei pe fiecare mal, valoarea acestora fiind exprimată în dolari, pe baza preţurilor unitare stabilite în comun.

În afară de aceasta, fiecare parte şi-a întocmit separat proiectul său real de organizare şi tehnologie de execuţie pe baza elementelor obligatorii amintite.

Pentru a uşura execuţia, Convenţia de execuţie prevede libertatea fiecărei părţi de a executa lucrările după concepţii proprii, cu utilajele de care dispune şi pe baza normativelor şi legislaţiei proprii, care prezintă diferenţe între cele două ţări, cu condiţia respectării termenelor, a calităţii lucrărilor şi asigurării continuităţii navigaţiei.

În principal, tehnologia de execuţie prevede:

a) În ce priveşte agregatele, executantul român a prevăzut un proces continuu: le extrage din insula Golu, cu excavatoare cu cupe de 4 m³, le încarcă în camioane de 27 t, care le descarcă în buncărul de încărcare al unui funicular dublu de 800 m lungime, care le transportă peste fluviu, pînă la staţia de sortare, cu o capacitate de 500 t/h. Agregatele sînt sortate în patru fracţiuni de pietriş: 120—70; 70—30; 30—10; 10—3 şi două de nisip: 3—1 şi 1—0 mm; sînt 14 silozuri de nisip de 1000 m ³.

Executantul iugoslav extrage agregatele din albia fluviului prin dragare şi le depozitează pe mal, de unde ulterior le transportă în camioane la două staţii de sortare: una pentru betonarea ecluzei, alta pentru betonarea centralei şi barajului.

b) Cimentul utilizat este cu căldură redusă de hidratare, sub 65 kcal/kg. Executantul român îl aduce pe cale ferată de la fabricile de la Braşov şi Cernavodă şi îl primeşte într-o baterie de 12 silozuri de 500 tone, amplasate lîngă fabrica de betoane; executantul iugoslav îl transportă cu şlepurile pe Dunăre de la fabrica Beocin şi-l descarcă la portul de şantier, într-o baterie de 10 silozuri de cîte 1200 tone, de unde îl transportă cu camioanele la fabricile de ciment.

c) Executantul român prepară betonul în trei fabrici alăturate: două de 30 şi una de de 100 m³/h, iar executantul iugoslav în două fabrici de beton de circa 100 m³/h, cîte una lîngă fiecare gospodărie de agregate.

d) Transportul betonului se face cu camioane, iar punerea în operă executantul român o realizează cu 10 macarale KBGS de 400 tm şi o serie de macarale de circa 100 tm; executantul iugoslav utilizează două macarale-funicular de 20 t, două macarale KBGS de 400 tm şi macarale pe şenile de circa 100 tm.

e) Pentru cazarea constructorilor, executantul român a amenajat o colonie pe valea Jidoştiţei, în apropierea şantierului, cu o capacitate de circa 3000 locuri, şi construieşte 1750 apartamente în Turnu-Severin (la 12 km de lucrare), unde este şi conducerea şantierelor; a prevăzut dotaţii sociale corespunzătoare. Executantul iugoslav a construit de asemenea o colonie de capacitate similară, la larga terasă de la Carataş, şi un mare număr de apartamente în oraşul Cladovo, unde şi-a instalat şi sediul conducerea şantierului; a dotat coloniile cu facilităţi corespunzătoare.

f) Ambii executanţi au construit drumuri de şantiere, gospodării de armături, de cofraje, ateliere, depozite, centrale electrice de intervenţie, linii electrice de înaltă tensiune sub 110 kV pentru alimentarea şantierului şi staţii de transformare, reţele de alimentare cu energie şi de iluminat, de alimentare cu apă, de canalizare, de telecomunicaţii etc. Executantul român a dezvoltat staţia de cale ferată Gura Văii, corespunzător nevoilor şantierului.

10. *Devierea apelor Dunării în timpul execuţiei*

Devierea apelor Dunării în timpul execuţiei lucrărilor trebuia să satisfacă anumite condiţii obligatorii, stabilite în comun:

— amenajarea unor incinte în care lucrările să se desfăşoare la uscat în condiţii de siguranţă şi continuitate;

— să fie asigurată evacuarea debitelor maxime admise legale cu debitul cu asigurarea 1% (15 000 m³/s);

— să fie asigurată evacuarea gheţurilor, pentru care s-a fixat lăţimea minimă egală cu cea de la Cazane, de 150 m;

— asigurarea pe cît posibil a continuităţii de desfăşurare a navigaţiei pînă la debitul de 13 500 m³/s în condiţii avînd ca limită maximă vitezele existente în canalul Sip (5 m/s); pentru viteze peste 3—3,5 m/s se va acorda tracţiune suplimentară gratuită cu remorchere de ajutor. În acest scop au fost procurate de partea română două remochere de 2400 CP: „Drubeta” şi „Dacia”, şi de partea iugoslavă un remorcher de 2300 CP, „Tara”;

— asigurarea unui şenal cu lăţimea de minimum 60 m şi raze de curbură suficient de largi, care să permită trecerea în bune condiţii a convoaielor de vase;

— menţinerea continuă în şenalul navigabil a unei adîncimi de navigaţie de minimum 2 m;

— soluţia în totalitate să permită respectarea termenelor de dare în funcţiune a sistemului.

Devierea apelor, care este una dintre cele mai importante, complexe şi grele probleme la amenajările fluviale, a format obiectul unui studiu deosebit de dezvoltat, cu variante prelucrate amănunţit pe bază de încercări pe model, măsurători continue în natură şi proiecte de detaliu.

Soluţia de bază prevede devierea în două faze:

În faza I se execută pe fiecare mal batardouri care închid incinte de lucru, cuprinzînd la malul stîng centrala şi ecluza, iar la malul drept centrala, ecluza şi trei cîmpuri ale barajului deversor.

Pentru navigaţie, evacuarea apelor mari şi a gheţurilor, rămîne o lăţime liberă de 276 m.

Faza I a fost realizată încă din 1966 şi condiţiile reale create arată confirmarea deplină a prevederilor din proiect.

— Batardoul de pe malul drept a fost realizat prin diguri din pietriş care, în amonte şi aval, leagă malul drept cu insula Trkvişte; digurile sînt de 10—12 m înălţime, digul amonte fiind protejat spre apă cu pereu de beton.

— Batardoul de pe malul stîng are o lungime totală de 1 363 m; partea centrală din albie, de 436 m lungime — în zona vitezelor mari ale apei —, a fost realizată din celule circulare de palplanşe metalice, umplute cu balast. Racordul părţii centrale cu malurile a fost realizat în amonte printr-un dig din balast, de 532 m lungime şi 12—14 m înălţime, protejat spre apă prin anrocamente mari. Racordul din aval între celule şi mal, de construcţie similară cu a racordului amonte, are o lungime de 395 m. Digurile de racord sînt impermeabilizate printr-un perete de palplanşe metalice, bătute pînă la stîncă. Realizarea batardoului de la malul stîng a necesitat 6650 tone palplanşe şi 320 000 m³ de umpluturi din balast.

Batardoul celular a fost realizat din 20 celule de 18 m diametru şi circa 15 m înălţime maximă, cu interspaţii între celule de 4 m. Celulele au fost executate cu ajutorul a două platforme plutitoare autoridicătoare în formă de U, cu dimensiunile în plan de 48 × 34 m şi în greutate totală de 1 300 t. Datorită acestor utilaje de mare productivitate s-a ajuns la o viteză de construcţie a celulelor de 15 zile pe celulă; acest ritm se situează la nivelul celor mai mari productivităţi realizate pe plan mondial. Prin aceasta s-a reuşit o scurtare a termenului de execuţie a batardoului de la 16 luni la 7,5 luni. Lucrările s-au executat şi pe timp de iarnă, în adîncimi de apă pînă la 9 m şi în viteze ale apei pînă la 4 m/s.

În faza aceasta se execută ecluzele și centralele și se betonează pilele celor trei cîmpuri deversoare pînă la cota 50, cîmpurile înseși betonîndu-se numai pînă la cota 38 cîmpul 3 și cota 34 cîmpurile 1 și 2. Se montează echipamentele hidromecanice și se începe montarea echipamentelor energetice. La centrala de la malul drept rămîn nebetonate cîmpurile primelor două turbine dinspre barajul deversor.

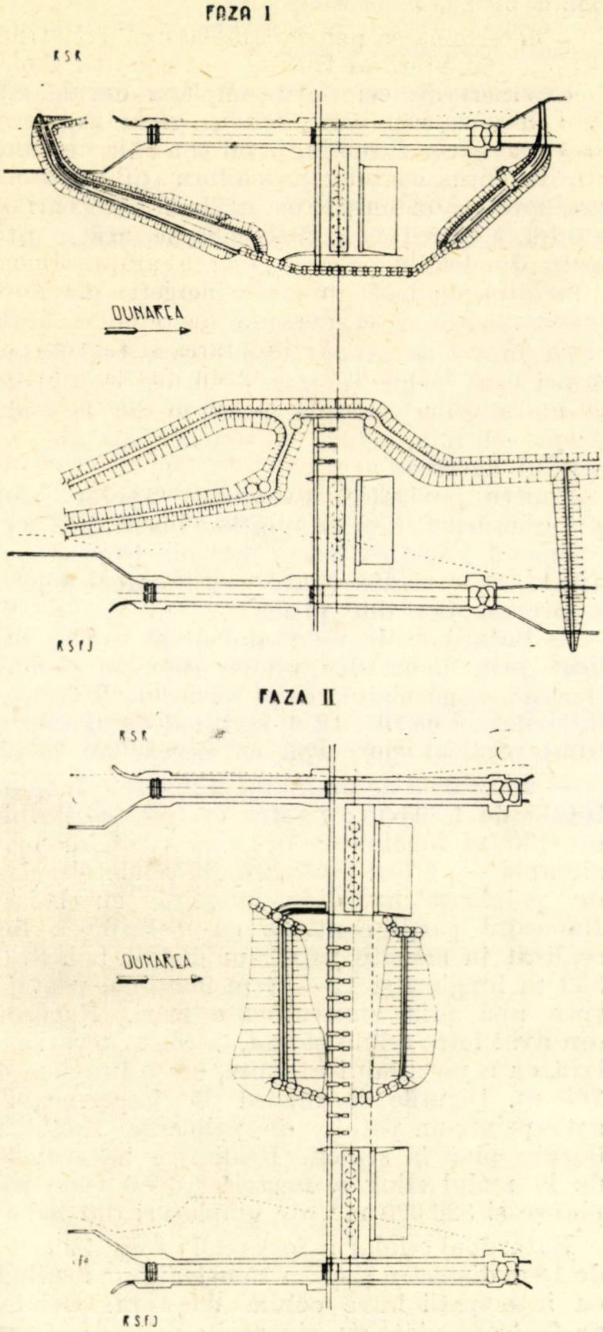


Fig 5 și 6. Devierea apelor I și II.

În faza a II-a, care începe în vara anului 1969, se închide albia Dunării în amonte de viitorul baraj deversor, printr-un dig de pămînt și anrocamente, construit în curent, dig care se supraînalță pînă la cota 53,50 m. Se realizează apoi în ape liniștite un al doilea dig, care închide spre aval incinta în care se vor construi 11 cîmpuri ale barajului deversor.

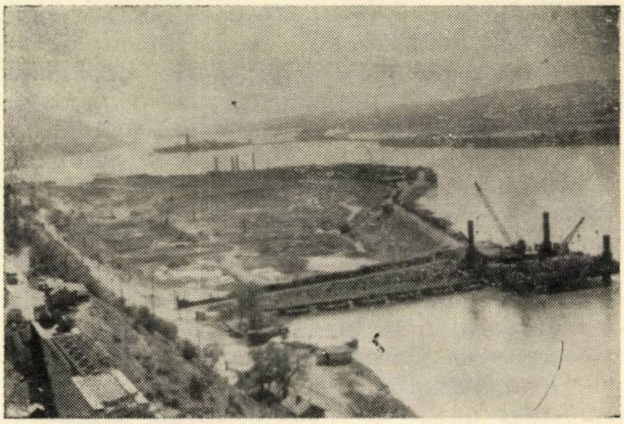


Fig. 7. Incinta de lucru.

În această fază, debitele pînă la 15 000 m^3/s pot fi evacuate prin cele trei cîmpuri ale barajului deversor, betonate parțial și prin două cîmpuri nebetonate la centrala de la malul drept, precum și prin cîte trei goliri de fund de 5 × 8 m, amenajate de fiecare parte sub platformele de montaj ale centralelor electrice. Ghețurile pot fi evacuate prin frontul liber al celor trei cîmpuri de la baraj și două cîmpuri de la centrala mal drept. Navigația se efectuează prin ecluza mal stîng.

În mijlocul anului 1970, stadiul lucrărilor de construcție și montaj este programat să facă posibilă retenția constantă la cota 52 și primele grupuri să intre în funcțiune și să furnizeze energie electrică.

Sînt proiectate o serie de subfaze de execuție, care fac posibilă desăvîrșirea lucrărilor, astfel ca la mijlocul anului 1971 să fie menținută retenția la cota definitivă din proiect, iar centralele electrice să fie în funcțiune cu întreaga capacitate.

11. *Principalele volume de lucrări*

Principalele volume de lucrări care trebuie executate însumează :

— excavații în aluviuni	circa	18	milioane	m^3
— excavații în stîncă	,,	5	,,	,,
— umpluturi de pămînt	,,	5	,,	,,
— umpluturi din anrocamente	,,	2,5	,,	,,
— betoane	,,	2,7	,,	,,
— fier în armături		80	mii	tone
— echipamente		64	,,	,,

12. *Pagube în lacul de acumulare*

Principalele pagube, despăgubiri și refaceri de folosințe determinate prin măsurători, prin estimații și prin proiecte de reconstruire a bunurilor inundate cuprind datele prezentate în tabela 3.

Tabela 3

Categoria de pagube	Pe teritoriul R. S. România	Pe teritoriul R. S. F. Iugoslavia	Total
Terenuri inundate, ha	3 560	6 876	10 441
Locuitori de strămutat	14 534	8 400	22 934
Căi ferate de reconstruit, km	24	—	24
Drumuri de reconstruit, km	100	60	160

13. *Compararea soluțiilor finale cu cele din memoriul tehnic-economic*

Față de soluțiile la care s-a ajuns în memoriul tehnico-economic, proiectul actual aduce îmbunătățiri deosebit de însemnate. Aceste îmbunătățiri se datoresc în special adîncirii lucrărilor de studii și proiectare, precizării condițiilor de colaborare între cele două țări la realizarea acestui proiect, elaborîndu-se prin eforturi comune soluții moderne, economice, îndrăznețe.

Principalele progrese obținute prin sarcina de proiectare și apoi desăvîrșite la proiectul tehnic au fost :

— determinarea pentru amplasarea construcțiilor a unui profil al fluviului cu condiții geologice superioare celor din amplasamentul avut în vedere la memoriul tehnic-economic ; acest profil se situează mai în aval și a fost deplasat pînă la limita contactului cu formațiile miocene mai slabe. Prin acestea se utilizează la centrală o cădere sporită cu diferența de nivel cîștigată prin translatarea în aval a amplasamentului, obținîndu-se un efect energetic mărit ;

— ridicarea cotei maxime de retenție de la 63 la 69,5 m d.M.A. și adoptarea sistemului de exploatare cu nivel variabil au dus la mărirea puterii instalate și a producției de energie electrică ;

— justificarea prin calcule energetice a instalării a 12 agregate turbină-generator, în loc de zece, a mărit de asemenea eficiența energetică ;

— excavarea albiei în aval de baraj, în scopul creării unor condiții de exploatare similare la cele două centrale și al măririi căderii utilizate la turbine, va avea de asemenea ca efect creșterea puterii și a producției de energie ;

— prin măsurile de mai sus, puterea instalată a centralelelor electrice a putut fi mărită

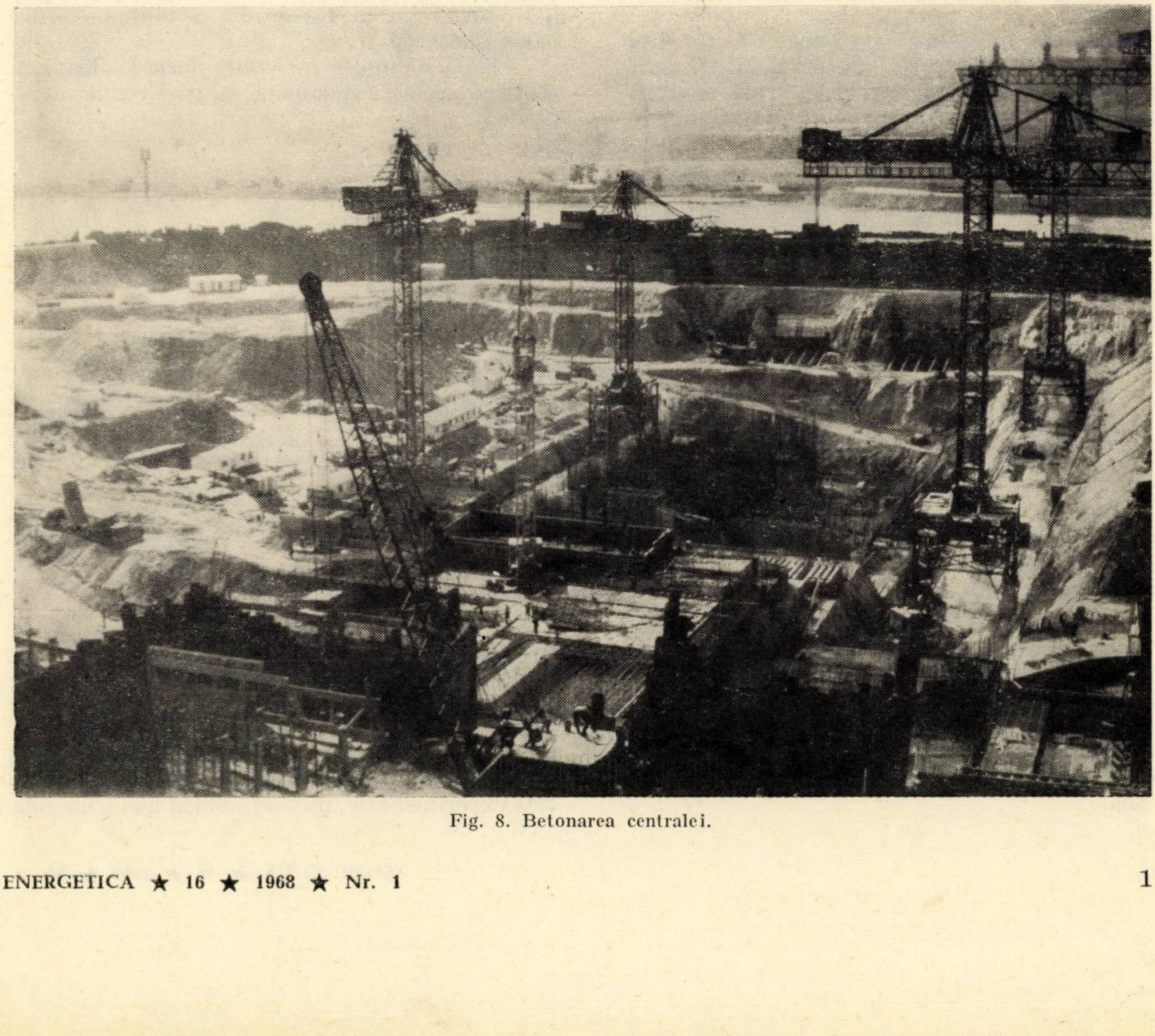


Fig. 8. Betonarea centralei.

de la 1450 MW la 2050 MW, adică cu peste 40 %, și producția medie de energie electrică de la 8337 GWh la aproape 11 000 GWh, adică cu 32 % ;

— noul profil de amplasare a barajului oferă condiții mai favorabile pentru devierea apelor în timpul construcției pentru malul drept, permițînd, prin utilizarea insulei Tîrkviște, scurtarea și simplificarea soluției pentru batardoul fazei I ;

— studiul unei serii de variante de detaliu la proiectarea diferitelor construcții ale sistemului a dus la soluții mai simple, mai sigure și mai economice.

14. *Costul total al lucrărilor*

Costul total al lucrărilor calculat în comun de proiectanții generali, pe baza soluțiilor tehnice din sarcina de proiectare, a prețurilor unitare pentru materiale, manoperă, utilaje de construcție și echipamente, utilizînd analize de preț și o metodologie de întocmire a devizului prevăzut în Convenția pentru stabilirea valorii investițiilor, a fost stabilit la suma totală de 400 milioane dolari S.U.A.

*

În încheiere trebuie să constatăm că, atît la proiectare cît și la execuție, colaborarea constructivă și tovărășească între proiectanții și constructorii români și iugoslavi a dus la concepții de proiectare, soluții tehnice și metode de execuție moderne, eficiente și economice.

De asemenea constatăm cu satisfacție că șantierele de pe cele două maluri dispun de organizații de execuție bine utilate, cu cadre competente, experimentate, și că situația în care au ajuns lucrările la finele anului 1967, pe ambele maluri, indică menținerea, cu un oarecare avans, a prevederilor din planul general de execuție a sistemului.

(Articol intrat în redacție în septembrie 1967)

Metode noi de dimensionare a turbinelor-bulb

Dorin Pavel *

Considerații generale

Centralele în cascadă pe rîurile de șes și pe fluvii, cu căderi H sub 15. . .20 m și debite Q mari, erau echipate, cu două decenii în urmă, exclusiv cu agregate Kaplan. La noile amenajări în cascadă se utilizează agregatele-bulb, care realizează economii de investiții de 10 % la $H = 15$ m sau 30 % la $H = 6$m, mai ales datorită volumelor de lucrări constructive mai reduse, iar la turbine din cauza înlocuirii spiralei printr-un confuzor și a aspiratorului cotit prin difuzor. Forma hidrodinamic mai favorabilă a bulbului duce pentru aceleași H, Q :

— fie la diametre mai mici decît la Kaplan, păstrînd același randament η, care reduc investițiile ;

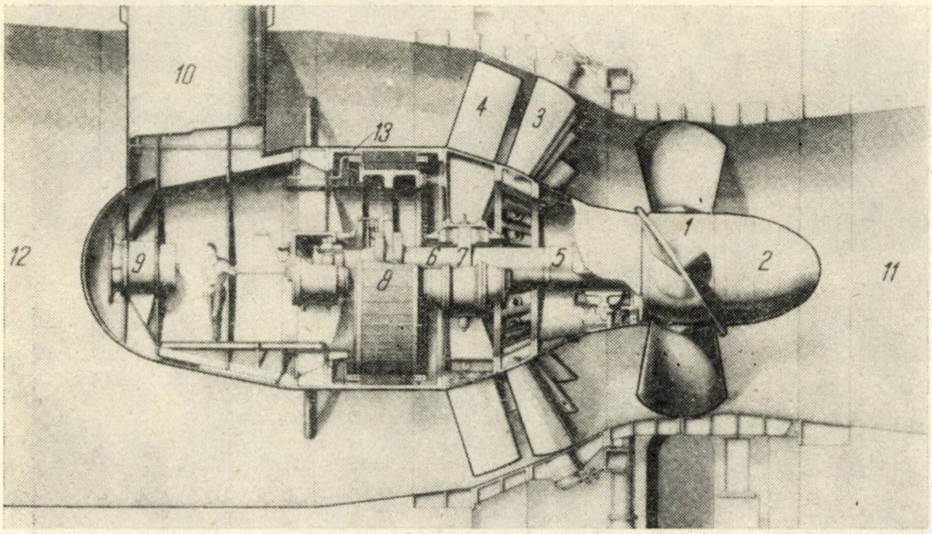


Fig. 1. Agregatul bulb al centralei maremotrice Rance (nr. 20 din tabela 1), cu 24 × 10 000 kW: *1*—rotorul; *2*-capota aval; *3*-pale directoare; *4*-pale statorice fixe; 5-arborele turbinei; *6*-generatorul; *7*-cupla; *8*-generatorul escamotat în bulbul *13*; *9*-ventilatorul; *10*-puțul de acces și fixare a bulbului; *11*-difuzorul; *12*-confuzorul.

— fie la randamente cu 3-5 % mai mari, adoptînd diametre de rotor D egale cu cele Kaplan ;

— fie mixt, la o reducere modestă a lui D simultan cu o mică creștere a lui η.

Cu toate că în bibliografia pe plan mondial se descriu multe centrale-bulb și se dau rezultate experimentale, nu s-a publicat nici o metodă de dimensionare a agregatelor-bulb. La noi s-au propus baze de calcul în [1] — [4], iar în studiul de față se dau relații noi de calcul obținute fie pe baze teoretice, fie prin studiul statistic al noilor centrale-bulb. Pentru amenajarea rîurilor de șes Oltul, Mureșul, Siretul, Someșul și Dunărea inferioară, totalizînd circa 4 000 MW, aplicarea centralelor-bulb duce la economii de peste 5 miliarde lei.

---

*) Profesor emerit, dr. docent șt., laureat al Premiului de Stat.

Tabelele 1 și 2 cuprind datele de bază P H Q n $D\eta$ pentru 27 tipuri bulb, clasate în ordinea crescîndă a puterii, și parametrii auxiliari Q_1' n_1' n_s a D' D'' D''', calculați și utilizați în continuare.

Calculul parametrilor principali

Turația n_1' și debitul Q_1' dublu unitare, calculate pentru turbine-bulb în tabela 1 și reprezentate în figura 2, duc la relații noi, utile proiectării :

$$n_1' = \frac{nD}{\sqrt{H}} = 70 + 0{,}113\, n_s\,;$$

$$Q_1' = \frac{Q}{\sqrt{H}\, D^2} = 0{,}0038\, n_s - 0{,}000001\, n_s^2 - 0{,}3\,;$$

$$n_s = \frac{n P^{0,5}}{H^{1,25}} = 1000\,(1{,}9 - \sqrt{3{,}31 - Q_1'}).$$

În figura 2 se observă că abaterile n_1' și Q_1' ale turbinelor-bulb construite în diferite țări, față de valorile calculate după formulele precedente (puncte negre) sînt atît pozitive cît și negative. Astfel valabilitatea formulelor este dovedită. Pe de altă parte, ținînd seamă că rapiditatea reală trebuie să fie mai mică decît n_s critic, care la rîndul lui depinde de contrapresiunea $H_s = -\sqrt{H}$, s-a obținut următoarea expresie, care trebuie egalată cu cea precedentă :

$$n_s = \frac{29\,000}{24 + \dfrac{12\,H}{10 + \sqrt{H}}} + 5\sqrt{H} = \frac{n P^{0,5}}{H^{1,25}} =$$

$$= 1000\,(1{,}9 - \sqrt{3{,}31 - Q_1'}).$$

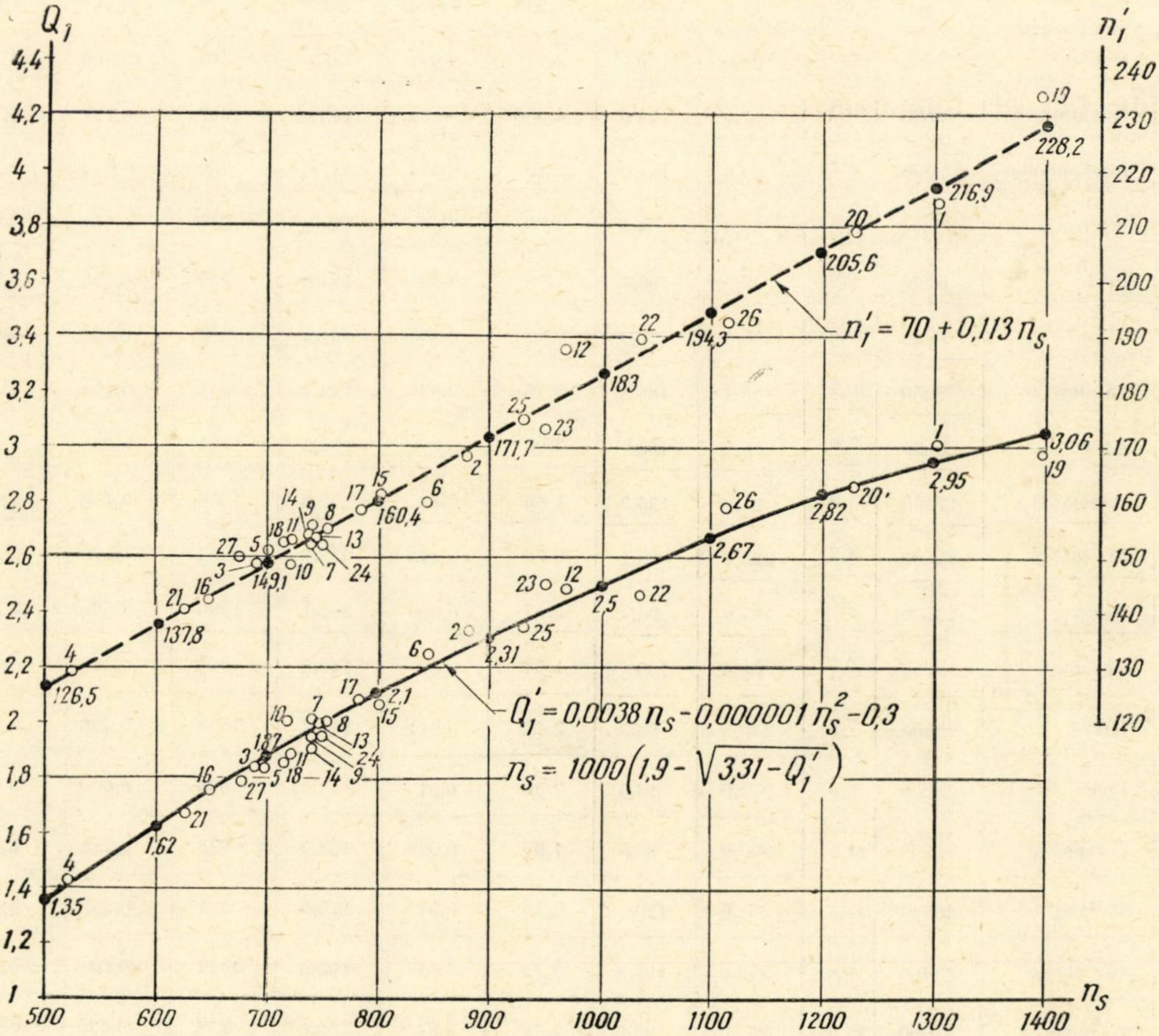


Fig. 2. Calculul statistic al mărimilor dublu unitare n_1' Q_1'.

Tabela 1

Parametrii unor turbine–bulb instalate recent

Nr.	Centrala	P CP	H m	Q m³/s	n rot/min.	Q_1'	η	n_1'	n_s	a	D
1	Kislogubskaia	580	1,3	37,2	75	3,01	0,90	214,4	1302	0,576	3,3
2	Herrfors *)	582	3,5	14,1	175	2,34	0,885	168,5	881	0,657	1,8
3	Bürglen *)	610	3,06	17,1	113	1,84	0,875	148,5	689	0,735	2,3
4	Haslach	770	16,0	4,2	600	1,42	0,86	129,0	522	0,838	0,86
5	R. Tunuyan *)	780	6,7	10,0	270	1,84	0,873	151,2	699	0,736	1,45
6	Weilheim *)	783	4,35	15,2	186	2,25	0,888	160,5	846	0,670	1,80
7	Finsing	1016	8,65	10,0	345	2,01	0,882	152,5	742	0,704	1,30
8	Puhos *)	1087	4,5	20,5	150	2,00	0,884	155,7	755	0,707	2,2
9	Castet	1140	7,0	14,0	250	1,945	0,870	155,5	742	0,717	1,65
10	Reutte *)	1690	6,07	24,0	166,7	2,01	0,871	148,8	718	0,709	2,2
11	Rüchling *)	1835	3,3	47,0	75,0	1,886	0,882	153,0	722	0,727	3,7
12	Buckenhofen	2050	5,18	34,0	166,7	2,49	0,874	187,6	967	0,634	2,45
13	Wadrinau *)	2100	4,5	39,4	107,2	2,00	0,89	154,2	750	0,706	3,05
14	Lech	5330	9,04	47,5	166,7	1,91	0,895	154,8	740	0,724	2,85
15	Trier *)	6000	5,08	99,0	78,9	2,07	0,895	161,5	802	0,695	4,6
16	Cambeyrac	7000	10,7	55,1	150,0	1,76	0,89	142,2	648	0,754	3,1
17	Dezem	8000	7,0	95,0	100	2,09	0,902	158,5	785	0,692	4,2
18	Beaumont	12400	11,5	91,0	136,2	1,86	0,89	152,8	716	0,733	3,8
19	St. Malo	12600	4,8	220,0	88,2	2,98	0,895	233,8	1394	0,578	5,8
20	Rance	13600	5,75	197,0	93,8	2,87	0,900	209,1	1230	0,590	5,35
21	Argentat	19250	16,5	98,3	150	1,68	0,89	140,5	625	0,772	3,8
22	Kiev	23500	7,8	248,0	88,2	2,47	0,911	189,2	1034	0,636	6,0
23	Pierre Bénite	28200	8,6	273,0	83,3	2,50	0,91	173,0	950	0,632	6,1
24	Cerepoveț	28500	11,5	200,0	93,8	1,95	0,929	152,2	748	0,716	5,5
25	Padang	28800	11,8	201,0	120	2,35	0,91	175,0	531	0,653	5,0
26	Gerstheim	32400	9,8	273,0	107,2	2,79	0,91	192,0	1115	0,60	5,6
27	Beaucaire	47600	15,3	257,0	93,8	1,79	0,91	150,0	675	0,770	6,25

*) Cu multiplicator de turație între turbină și generator, însă n este cel al turbinei

Diametrul rotorului D poate fi calculat din relaţiile precedente, respectiv după $D = a(n_s) Q^{0,5} / H^{0,25}$, cu a recalculat în tabela 1, aşa că rezultă pe trei căi diferite diametrele rotorului D', D'', D''', corespunzînd următoarelor trei formule :

$$D' = \frac{aQ^{0,5}}{H^{0,25}} = \left(0,4 + \frac{235}{n_s}\right)\frac{Q^{0,5}}{H^{0,25}}, \quad \text{cu } a = f(n_s)$$

din ecuaţia continuităţii, iar D'' din n_1' şi D''' din Q_1' :

$$D'' = n_1' \frac{H^{0,5}}{n} = (70 + 0,113\, n_s)\frac{H^{0,5}}{n};$$

$$D''' = \sqrt{\frac{Q}{\sqrt{H} Q_1'}} = \sqrt{\frac{Q}{H^{0,5}(0,0038\, n_s - 0,000001\, n_s^2 - 0,3)}}.$$

În tabela 2, corespunzînd ca ordine centralelor 1 la 27 din tabela 1, s-au calculat abaterile în % ale celor trei formule precedente faţă de D real executat :

$$\Delta' = \frac{D' - D}{D}100; \quad \Delta'' = \frac{D'' - D}{D}100;$$

$$\Delta''' = \frac{D''' - D}{D}100.$$

Abaterile, cînd pozitive cînd negative, în limite acceptabile, demonstrează justeţea celor trei formule de dimensionare a rotorului-bulb.

Diametrul economic al rotorului-bulb

O metodă nouă pentru calculul diametrului de ieşire din rotor se bazează pe optimizarea diametrului. De fapt, metodele de calcul clasice au fost stabilite în condiţiile factorilor tehnici şi economici din ţările respective şi care nu sînt valabile exact în alte ţări. De aceea se propune în continuare o metodă tehnico-economică exactă, obiectivă şi aplicabilă în orice ţară, variind parametrii economici p_t lei/kgf turbină, $p_g \sim 1,2\, p_t$ — pentru generator, p — lei/kWh; $k_i = Q_i / Q_m$ — coeficientul instalării, $k = a + \frac{1}{T_r}$ — coeficientul cheltuielilor anuale, inclusiv reproducţia lărgită, caracterizată prin T_r de recuperare.

Preluînd din alineatul următor formula randamentului turbinei-bulb, se calculează pierderea de energie ΔE în kWh/agregat :

$$\eta = 0,133 + 0,418\sqrt{3,31 - Q_1'} + 0,15\, Q_1';$$

$$\Delta E = (1 - \eta)\, 8760 . 9,81\, HQ/k_i =$$

$$= \frac{QH}{k_i}\left(74527 - 35921\sqrt{3,31 - \frac{Q}{\sqrt{H} D^2}} - 12890\frac{Q}{\sqrt{H} D^2}\right).$$

Tabela 2

Comparaţia diametrelor D', D'', D''', calculate după trei formule, cu *D-real* al turbinelor-bulb din tabela 1

Centrale	D	D'	D''	D'''	%		
					Δ'	Δ''	Δ'''
1	2,3	3,300	3,300	3,320	0	0	+0,60
2	1,8	1,830	1,800	1,820	+1,70	0	+1,10
3	2,3	2,310	2,290	2,302	+0,44	−0,44	+0,09
4	0,86	0,870	0,860	0,862	+1,15	0	+0,23
5	1,45	1,448	1,430	1,440	−0,14	−1,4	−0,69
6	1,8	1,828	1,854	1,820	+1,55	+3,00	+1,10
7	1,3	1,320	1,308	1,312	+1,54	+0,61	+0,92
8	2,2	2,210	2,195	2,200	+0,50	−0,22	0
9	1,65	1,645	1,630	1,640	−0,30	−1,21	−0,60
10	2,2	2,265	2,235	2,260	+2,96	+1,59	+2,70
11	3,7	3,630	3,680	3,540	−1,90	−0,54	−4,32
12	2,45	2.492	2,450	2,472	+1,71	0	+0,9
13	3,05	3,070	3,060	3,055	+0,65	+0,33	+0,16
14	2,85	2,830	2,825	2,815	−0,70	−0,88	−1,22
15	4,6	4,590	4,590	4,570	−0,22	−0,22	−0,65
16	3,1	3,130	3,125	3,140	+0,96	+0,81	+1,29
17	4,2	4,190	4,20	4,170	−0,24	0	−0,71
18	3,8	3,770	3,760	3,760	−0,79	−1,05	−1,05
19	5,8	5,700	5,660	5,730	−1,76	−2,41	−1,20
20	5,35	5,350	5,340	5,360	0	−0,19	+0,19
21	3,8	3,815	3,805	3,800	−0,40	−0,13	0
22	6,0	5,920	5,930	5,880	−1,30	−1,17	−2,00
23	6,1	6,240	6,230	6,200	+2,30	+2,10	+1,64
24	5,5	5,470	5,540	5,450	−0,54	−0,73	−0,91
25	5,0	4,980	5,000	4,970	−0,40	0	−0,6
26	5,6	5,700	5,720	5,680	+1,80	+2,14	+1,43
27	6,25	6,070	6,100	6,040	−2,88	−2,46	−3,36

Investiția I în agregatul-bulb (turbină + generator) se calculează cu p_t (lei/kgf turbină, sau în valuta țării respective) și $p_g \sim 1{,}2\, p_t$, după metoda proprie:

$$I = 6200\, p_t \left(\frac{P}{n}\right)^{0,72} + 5600\, p_g \left(\frac{P}{n}\right)^{0,67} =$$

$$= p_t(961\, Q^{0,72}\, H^{0,36}\, D^{0,72} + 1183\, Q^{0,67}\, H^{0,335}\, D^{0,67}).$$

În I s-au înlocuit $P = \gamma Q H \eta / 75$;

$$n = n_1' \frac{H^{0,5}}{D}; \quad \frac{\gamma \eta}{75\, n} \sim 0{,}075.$$

Cheltuielile anuale de exploatare, întreținere, regie, reproducție simplă și lărgită kI, împreună cu valoarea energiei pierdute anual $p\,\Delta E$ dau suma cheltuielilor anuale:

$$C = p\,\Delta E + kI = QH \frac{p}{k_i}\Bigg(74\,527 -$$

$$- 35\,921 \sqrt{3{,}31 - \frac{Q}{\sqrt{H}\, D^2}} - 12\,890 \frac{Q}{\sqrt{H}\, D^2}\Bigg) +$$

$$+ p_t(961\, kQ^{0,72}\, H^{0,36}\, D^{0,72} +$$

$$+ 1183\, kQ^{0,67}\, H^{0,335}\, D^{0,67}).$$

Se împarte C prin p (lei/kWh); astfel în locul costurilor specifice p_t (lei/kgf — turbină) apar rapoarte p_t/p, care sînt cunoscute, dar diferite de la o țară la alta:

$$\frac{C}{p} = a - b \sqrt{3{,}31 - \frac{Q}{\sqrt{H}\, D^2}} - \frac{c}{D^2} +$$

$$+ dD^{0,72} + eD^{0,67};$$

$$a = 74\,527\, QH/k_i; \quad b = 35\,921\, QH/k_i;$$

$$c = 12\,890 Q^2 \sqrt{H}/k_i; \quad d = 961\, kQ^{0,72}\, H^{0,36}\, p_t/p;$$

$$e = 1183\, kQ^{0,67}\, H^{0,335}\, p_t/p.$$

Diametrul optim rezultă din $\frac{\partial}{\partial D}\left(\frac{C}{p}\right) = 0$, anume:

$$0{,}72\, dD^{2,72} + 0{,}67\, eD^{2,67} -$$

$$- \frac{bQ}{\sqrt{H} \sqrt{3{,}31 - \frac{Q}{\sqrt{H}\, D^2}}} + 2\,c = 0.$$

Aplicație. $Q = 100$ m³/s turbină, $H = 10$ m; $k_i = 1{,}5$; $k = a + \frac{1}{T_r} = 0{,}15$. Se calculează constantele precedente, împărțind prin 10^6 și după ordonare rezultă ecuația D optim:

$$\frac{p_t}{p}(0{,}00655\, D^{2,72} + 0{,}00589\, D^{2,67}) -$$

$$- \frac{757}{\sqrt{3{,}31 - \frac{31{,}6}{D^2}}} + 543 = 0.$$

Menținînd $k = 0{,}15$ = constant, dar variind parametrul p_t/p, rezultă diametrele economice D din tabela 3, sau invers, menținînd $p_t/p = 284$ = constant și variind $k = a + \frac{1}{T_r}$, rezultă D din rîndul 6 al tabelei 3.

O comparație cu metoda statistică dezvoltată mai sus dă cu aceleași date:

$$n_s = \frac{26000}{24 + \frac{12 \cdot 10}{10 + \sqrt{10}}} + 5\sqrt{10} \sim 800;$$

$$D = a \frac{Q^{0,5}}{H^{0,25}} = \left(0{,}4 + \frac{235}{n_s}\right) \frac{Q^{0,5}}{H^{0,25}} = 3{,}9 \text{ m}.$$

Tabela 3

Diametrul economic funcție de parametrii p_t/p și $k = a + \frac{1}{T_r}$

$\frac{p_t}{p}$	60	80	100	120	140	160	180	200	220
D	4,40	4,33	4,27	4,21	4,16	4,12	4,07	4,03	3,99

$\frac{p_t}{p}$	240	260	280	300	320	340	360	380	400
D	3,96	3,93	3,89	3,87	3,85	3,83	3,81	3,79	3,77

k	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18
D	4,13	4,06	4,02	3,99	3,97	3,95	3,93	3,91	3,89	3,87	3,86

Se observă că același diametru rezultă în tabela 3 dacă $k = a + \frac{1}{T_r} = 0{,}15$ și $p_t/p = 275$, fiind $p_t = 82{,}5$ lei/kgf și $p = 0{,}3$. La k și p_t/p din altă țară, rezultă alt diametru economic.

Problema randamentelor

La HQD egale, turbina-bulb realizează randamente mai mari decît Kaplan. Randamentul global $\eta = \eta_v\, \eta_m\, \eta_h$ se compune din randamentul volumic η_v, mecanic η_m și hidraulic η_h, iar $\eta_v\, \eta_m$ nu diferă sensibil de la bulb la Kaplan, fiind $\eta_v\, \eta_m = 0{,}99 - 0{,}2\ P^{-1/4}$. În consecință va diferi numai randamentul hidraulic

$$\eta_h = \frac{\eta}{0{,}99 - 0{,}2\, P^{-1/4}}.$$

Pierderile hidraulice în aspiratorul cotit Kaplan h_{rK} sînt de 2 la 2,5 ori mai mari decît h_{rB} în difuzorul-bulb, și din analiza unor măsurători s-a dedus raportul $k_r = h_{rK}/h_{rB}$ în funcţie de Q_1' şi n_s (tabela 4):

$$k = \frac{h_{rK}}{h_{rB}} = 2{,}58 - 0{,}05\, Q_1'^3 =$$

$$= 2{,}58 - \frac{0{,}0000211}{\eta^3}\left(\frac{n_s}{n_1'}\right)^6;$$

$$n_s = n_1' \sqrt{P_1'} = 3{,}65\, n_1' \sqrt{Q_1'\eta}\,;\; Q_1' = \frac{0{,}075}{\eta}\left(\frac{n_s}{n_1'}\right);$$

$$n_s = \frac{n P^{0,5}}{H^{1,25}} = 1000\,(1{,}9 - \sqrt{3{,}31 - Q_1'}).$$

$$\eta_{K1} = \eta_{B1} - \Delta\eta_{B-K} = \eta_{B7} -$$

$$- 0{,}4\,(0{,}01\, n_s - 6)^{0,95};$$

$$\eta_{K7} = 38{,}6 + 0{,}614\, \eta_{K1} = \eta_{B7} -$$

$$- 0{,}4\,(0{,}01\, n_s - 6)^{0,95}.$$

Intersectînd curbele η_{B1} şi η_{K1}, se obţine n_s^*, de la care în sus η_{B1} depăşeşte η_{K1} şi invers. La asemenea modele zona economică pentru bulb va fi la $n_s > n_s^*$. Din relaţia $\eta_{K1} = \eta_{B1}$ rezultă $0{,}4\,(0{,}01\, n_s^* - 6)^{0,95} = 0$ sau $n_s^* = 600$. Cu cît creşte n_s, cu atît este mai economică turbina bulb, fiind de exemplu la $n_s = 1\,600$ cîştigul de randament $\Delta\eta_{B-K} = 3{,}6\,\%$ (la regimul optim de funcţionare şi diametrul $D_B = D_K$).

Se poate dimensiona turbina bulb pentru n_s^* mai mare, de exemplu 800, 900, 1 000, deplasînd corespunzător $\eta = f\,(n_s) = F\,(Q_1')$, cînd $\Delta\eta_{B-K}$ este şi mai mare.

Tabela 4

Pierderile de sarcină h_{rB}-bulb sînt mai mici decît h_{rK} în aspiratorul Kaplan

Q_1'	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
n_s	380	415	447	482	519	555	592	630	670	713	756
$k_r = h_{rK} / h_{rB}$	2,53	2,51	2,49	2,47	2,44	2,41	2,38	2,33	2,29	2,24	2,18

Cu privire la randamentul global al turbinei-bulb, prelucrînd măsurători efectuate la un model Neyrpic, cu diametrul rotorului $D=1$, am stabilit η_{B1} şi prin recalculare η_{B7} la $D = 7$ m, iar η_{K1} şi η_{K7} analog pentru modelul Kaplan (fig. 3).

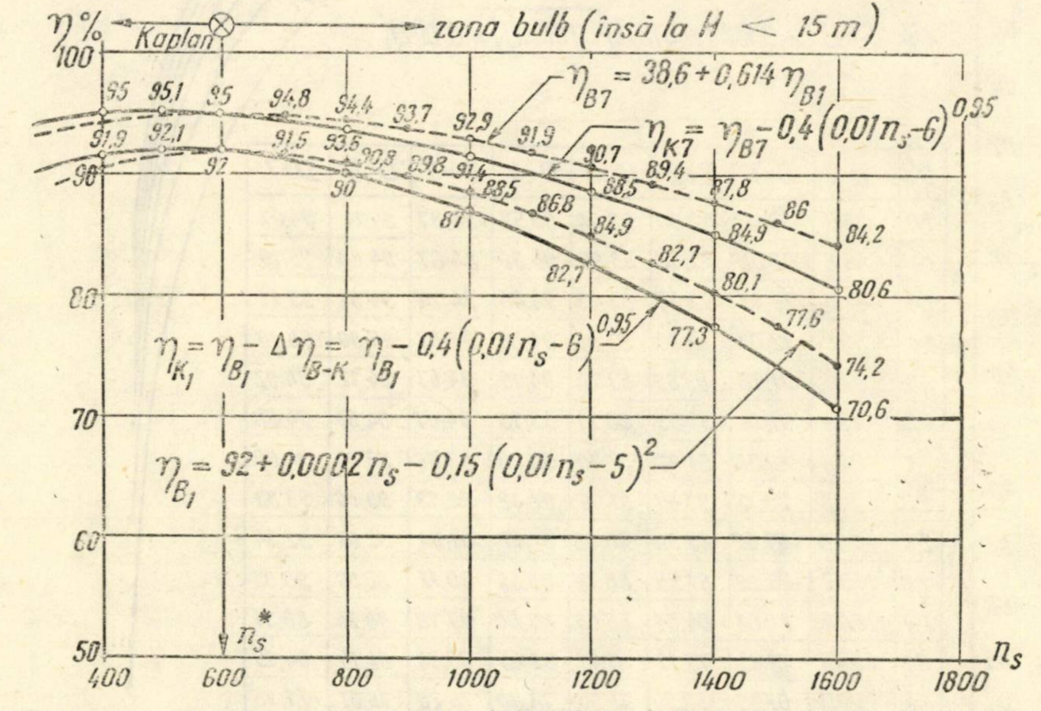


Fig. 3. Comparaţia randamentelor la turbinele bulb şi Kaplan la $D=1$ şi 7 m (diametrul rotorului).

$$\eta_{B1}\,\% = 92 + 0{,}0002\, n_s - 0{,}15\,(0{,}01\, n_s - 5)^2;$$

$$\eta_{B7} = 100 - (100 - \eta_{B1})\left(\frac{1}{7}\right)^{1/4} =$$

$$= 38{,}6 + 0{,}614\, \eta_{B1};$$

Investiţia în centrala cu agregate bulb este, la $H = 15$ m cu $\Delta I = -10\,\%$, la $H = 10$ m cu $-20\,\%$ şi la $H = 6$ m cu $-30\,\%$ mai redusă decît la centrala cu agregate Kaplan. La aceşti parametri, fiind şi producţia de energie cu

$\Delta E = \Delta\eta_{B-K}\, E$ mai mare, utilitatea agregatelor bulb este evidentă.

Se poate pune problema invers, adică bulbul să realizeze aceleași randamente $\eta_B = \eta_K$, dar cu diametrul D_B mai mic decît D_K — Kaplan, în care caz vor fi:

$$\eta_{hB} = 1 - \frac{\Sigma h_{rB}}{H} = 1 - 0{,}0826\,\frac{Q^2\,\Sigma\,\zeta}{HD_B^4} = 1 - \frac{K}{D_B^4};$$

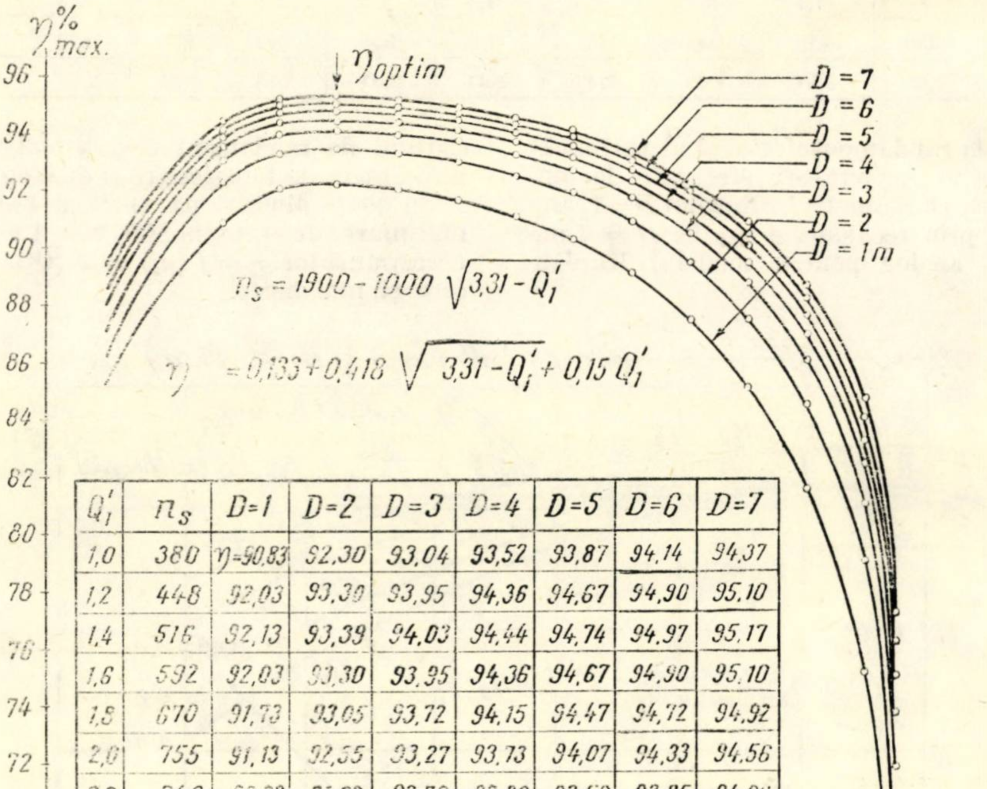
$$\eta_{hK} \sim 1 - \frac{K}{D_K^4};\ \Delta\eta_{B-K} = \eta_{hB} - \eta_{hK} = \frac{K}{D_K^4} - \frac{K}{D_B^4}.$$

Mai sus era $\Delta\eta_{B-K} = 0{,}004\left(\frac{n_s}{100} - 6\right)^{0.95}$, fiind

Tabela 5

Raportul randamentelor față de cel de calcul al turbinelor-bulb (*B*) și Kaplan (*K*)

Q/Q_c	η_B/η_{Bc}	η_K/η_{Kc}	$\Delta\eta_{B-K}$ %
0,5	0,934	0,950	−1,6
0,6	0,958	0,970	−1,2
0,7	0,976	0,985	−0,9
0,8	0,989	0,995	−0,6
0,9	0,996	0,999	−0,3
1,0	1	1	0
1,1	0,999	0,996	0,3
1,2	0,997	0,989	0,8
1,3	0,994	0,982	1,2
1,4	0,988	0,971	1,7
1,5	0,981	0,958	2,3
1,6	0,975	0,946	2,9
1,7	0,965	0,929	3,6
1,8	0,956	0,913	4,3



Q_1'	n_s	D=1	D=2	D=3	D=4	D=5	D=6	D=7
1,0	380	η=90,83	92,30	93,04	93,52	93,87	94,14	94,37
1,2	448	92,03	93,30	93,95	94,36	94,67	94,90	95,10
1,4	516	92,13	93,39	94,03	94,44	94,74	94,97	95,17
1,6	592	92,03	93,30	93,95	94,36	94,67	94,90	95,10
1,8	670	91,73	93,05	93,72	94,15	94,47	94,72	94,92
2,0	755	91,13	92,55	93,27	93,73	94,07	94,33	94,56
2,2	846	90,38	91,92	92,70	93,20	93,56	93,85	94,09
2,4	946	89,13	90,67	91,75	92,32	92,73	93,06	93,33
2,6	1058	87,52	89,50	90,52	91,17	91,64	92,02	92,34
2,8	1186	85,23	87,59	88,79	89,55	90,12	90,56	90,93
3,0	1344	81,63	84,57	86,05	87,00	87,70	88,25	88,71
3,2	1569	75,18	79,12	81,15	82,45	83,38	84,14	84,75
3,31	1900	62,93	68,90	71,90	73,80	75,20	76,31	77,25

Fig. 4. Randamentele la vîrful topogramei unei turbine-bulb dimensionate pentru $n_r = 520$ la regim de calcul.

0,004 în loc de 0,4, deoarece anterior $\Delta\eta_{B-K}$ s-a dat în %, deci va fi :

$$\frac{K}{D_B^4} = \frac{K}{D_K^4} - 0{,}004\left(\frac{n_s}{100} - 6\right)^{0{,}95};$$

$$D_B = \frac{1}{\left[\frac{1}{D_K^4} - \frac{0{,}004}{K}\left(\frac{n_s}{100} - 6\right)^{0{,}95}\right]^{1/4}} < D_K.$$

Scăzînd $D_B < D_K$, va scade investiţia în agregat $I_B < I_K$, pe lîngă economia mare realizată la construcţiile centralei-bulb faţă de cea Kaplan.

Pe baza măsurătorilor de randamente am recalculat analitic rapoartele η_B / η_{Bc}, η_K / η_{Kc} şi diferenţele $\Delta\eta$ (%) pentru o turbină-bulb şi una Kaplan cu 1 m diametru al rotorului. Indicii c la regimul de calcul (cu η maxim) fiind :

$$\frac{\eta_B}{\eta_{Bc}} = 0{,}13 + 1{,}7\left(\frac{Q}{Q_c}\right)^{0{,}5} - 0{,}83\frac{Q}{Q_c} + 0{,}063\left(\frac{Q}{Q_c} - 1\right)^2;$$

$$\frac{\eta_K}{\eta_{Kc}} = 0{,}28 + 1{,}47\left(\frac{Q}{Q_c}\right)^{0{,}5} - 0{,}75\frac{Q}{Q_c} + 0{,}018\left(\frac{Q}{Q_c} - 1\right)^2;$$

$$\Delta\eta_{B-K} = -15 + 23\left(\frac{Q}{Q_c}\right)^{0{,}5} - 8\frac{Q}{Q_c} + 4{,}5\left(\frac{Q}{Q_c} - 1\right)^2, \text{ în } \%.$$

Calculul numeric este dat în tabela 4.

Greutatea agregatului-bulb

Date practice asupra greutăţii agregatelor-bulb sînt sporadice în literatura de specialitate iar formule de calcul nu există. Ţinînd seamă de diferenţele între Kaplan şi bulb, se poate exprima greutatea întregului agregat-bulb cu P (CP) şi n (rot/min) $= n_s H^{1,25}/P^{0,5}$:

$$G = 6\,200\left(\frac{P}{n}\right)^{0{,}72} + 5\,600\left(\frac{P}{n}\right)^{0{,}67} = 5\,600\left(\frac{1{,}107\, P^{1{,}08}}{n_s^{0{,}72}\, H^{0{,}9}} + \frac{P^{1{,}005}}{n_s^{0{,}67}\, H^{0{,}838}}\right).$$

Investiţia corespunzătoare I_B, raportată la p — costul kWh în valuta ţării respective — şi cu p_t — costul kgf de turbină, respectiv $p_g \sim 1{,}2\, p_t$ al generatorului — , rezultă :

$$\frac{I_B}{p} = 5\,600\frac{p_t}{p}\left(\frac{1{,}107\, P^{1{,}08}}{n_s^{0{,}72}\, H^{0{,}9}} + \frac{1{,}2\, P^{1{,}005}}{n_s^{0{,}67}\, H^{0{,}838}}\right).$$

Studiul, menit a completa cele din [1] — [4], poate fi extins şi perfecţionat, pe măsura dobîndirii experienţei cu instalarea agregatelor-bulb la viitoarele cascade pe Olt, Mureş, Someş, Siret şi Dunărea inferioară.

Bibliografie

[1] Pavel, D. *Economicitatea turbinelor tubulare.* Hidrotehnica nr. 1, 1962.

[2] Pavel, D. *Metoda dimensionării turbinelor bulb.* Hidrotehnica nr. 4, 1963.

[3] Pavel, M. *Stadiul actual de dezvoltare a turbinelor bulb.* Hidrotehnica nr. 11, 1963.

[4] Pavel, M. *Dimensionarea turbinelor bulb.* Hidrotehnica nr. 1, 1964.

(Articol intrat in redacţie la 1 iulie 1967)

Distribuţia în timp a avariilor în sistemul electroenergetic naţional

Conf. dr. ing. **Emil Constantinescu** *)

1. Consideraţii generale

Optimizarea structurii instalaţiilor electroenergetice şi a regimurilor de exploatare respective este practic totdeauna influenţată de caracteristicile statistice ale avariilor care pot să intervină şi să afecteze aceste instalaţii şi consumatorii deserviţi. Din acest punct de vedere, o importanţă deosebită o are cunoaşterea pagubelor suferite de consumatorii de energie electrică în urma întreruperii sau limitării puterii primite din sistem, datorită apariţiei unor avarii. Aceste pagube depind, printre altele, şi de momentul producerii avariei respective, adică ora, ziua şi luna, dependenţă care este determinată în primul rînd de curba de sarcină a consumatorilor avuţi în vedere. Rezultă deci că utilizarea unor metode moderne, elaborate pe baze statistice şi probabilistice, de dimensionare şi chiar de exploatare a instalaţiilor electroenergetice, este condiţionată şi de cunoaşterea distribuţiei probabile în timp a avariilor în sistemul electroenergetic respectiv.

Analizele statistice efectuate în diferite ţări [1], [2], [3], pe baza unor date de exploatare extinse pe un număr mai mare sau mai mic de ani, indică, după cum se ştie, o grupare destul de marcată a acestor avarii, în anumite ore, zile şi luni din decursul anului. Totuşi datele ce pot fi găsite în prezent în literatura de specialitate nu sînt în general prelucrate și finalizate, pentru a putea fi folosite direct și comod la optimizarea dimensionării instalațiilor respective.

---

*) Conf. dr. ing. Emil Constantinescu este director tehnic al Institutului de studii şi proiectări energetice.

În cadrul acestei lucrări se va studia distribuția în timp a avariilor în sistemul electroenergetic român pe patru ani consecutivi, 1963—1966, singurii pentru care există date statistice complete și corespunzătoare, aducîndu-se o serie de contribuții noi față de cele deja publicate. Se vor avea în vedere însă numai avariile de natură electrică, urmărindu-se prin aceasta obținerea elementelor necesare în special pentru optimizarea structurii părții electrice a sistemelor electroenergetice.

2. Analiza distribuției în timp a avariilor

Repartizarea avariilor de natură electrică din sistemul nostru electroenergetic pe luni și orele unei zile rezultă din tabela 1, în care este înscris numărul cumulat al avariilor pe cei patru ani considerați, 1963—1966. Din analiza cifrelor respective rezultă următoarele :

Tabela 1

Repartiția avariilor pe luni și ore (1963—1966)

Ora \ Luna	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0— 1	14	9	5	5	5	8	9	24	7	4	6	11
1— 2	4	7	4	2	7	6	9	12	3	18	10	13
2— 3	11	10	4	5	4	15	12	12	2	9	12	9
3— 4	4	1	—	1	2	6	12	12	3	9	8	7
4— 5	6	3	2	6	3	14	11	14	6	9	10	12
5— 6	5	7	6	9	6	10	17	19	11	7	12	16
6— 7	6	8	7	5	5	7	5	4	10	15	11	13
7— 8	19	10	8	8	6	19	8	19	11	9	22	29
8— 9	14	6	8	11	10	19	14	17	18	22	27	14
9—10	15	6	9	6	9	5	19	8	12	23	28	15
10—11	15	8	22	16	18	19	16	23	17	12	26	23
11—12	13	13	11	18	14	27	20	21	18	18	31	25
12—13	13	14	15	18	10	26	25	32	4	18	21	19
13—14	7	13	9	22	36	37	32	46	10	21	19	18
14—15	10	12	20	25	33	65	44	41	20	25	23	17
15—16	8	11	14	21	47	36	43	43	6	16	30	13
16—17	11	10	13	21	27	44	50	21	18	9	18	11
17—18	12	14	14	15	34	71	36	25	7	20	20	22
18—19	15	11	14	13	12	33	47	34	12	30	24	23
19—20	16	12	14	19	19	24	32	23	16	16	15	18
20—21	12	10	11	12	12	41	20	22	14	18	8	21
21—22	7	12	8	2	11	22	12	22	14	13	15	12
22—23	12	5	3	6	6	23	25	24	4	16	16	14
23—24	8	3	4	6	2	11	11	15	4	17	15	6
Total	257	215	225	272	338	588	529	533	247	374	427	381

a) În orele de zi (8—21) și în special în lunile fără îngheț (aprilie — octombrie) numărul avariilor este sensibil mai mare decît în restul timpului. Astfel, în perioada corespunzătoare acestor ore și luni, reprezentînd 31 % din întreg anul, s-au produs următoarele avarii :

anul 1963 — 641 avarii, adică 52 % din totalul anual;
anul 1964 — 501 avarii, adică 49 % din totalul anual;
anul 1965 — 469 avarii, adică 48 % din totalul anual;
anul 1966 — 508 avarii, adică 43 % din totalul anual;

cumulat 1963—1966—2119 avarii, adică 48 % din total, deci în medie cu 53 % mai mult decît la o distribuție uniformă.

Cea mai mare concentrare a avariilor se constată însă în lunile iunie-august între orele 12—19 :

anul 1963 — 273 avarii, adică 22 % din totalul anual;
anul 1964 — 208 avarii, adică 20 % din totalul anual;
anul 1965 — 183 avarii, adică 19 % din totalul anual;
anul 1966 — 167 avarii, adică 15 % din totalul anual;

cumulat 1963—1966 — 831 avarii, adică 19 % din total, deci în medie de circa 2,6 ori mai mult decît la o distribuție uniformă.

Acest tip de repartiție era de altfel de așteptat, fiind caracteristic și altor țări cu condiții climatice asemănătoare, întrucît mai ales în zilele călduroase apar supratensiunile de origine atmosferică — principala cauză a avariilor de natură electrică din sistemele electroenergetice.

b) Se constată de asemenea o oarecare creștere a numărului de avarii în orele de trecere de la noapte la zi (orele 4 — 6), ceea ce confirmă cunoscutele avarii de dimineață, datorite micșorării tensiunii de conturnare a izolatoarelor.

c) Aceste concluzii, care rezultă din tabela 1, deci din avariile însumate pe cei patru ani considerați, se mențin cu exactitate și la fiecare an în parte.

În tabela 2 sînt arătate avariile de natură electrică repartizate pe zilele săptămînii din anii 1963—1966 și totalul pe acești patru ani. Din cifrele respective rezultă că nu se poate stabili vreo tendință sistematică de grupare. În 1963 avariile sînt mai numeroase la începutul și sfîrșitul săptămînii, în 1964 la mijlocul săptămînii, în 1965 la începutul săptămînii, în 1966 către sfîrșitul săptămînii, iar suma pe acești patru ani indică o repartiție aproape constantă a avariilor pe zilele săptămînii. O excepție o formează ziua de duminică, în care numărul de avarii este ceva mai mic decît în rest, ceea ce se explică prin volumul mai redus al instalațiilor în funcțiune.

Din datele statistice existente se mai constată că numărul avariilor de natură electrică datorite manevrelor greșite este foarte mic față de total, reprezentînd 2,0 % în 1963, 2,9 % în 1964, 3,2 % în 1965 și 2,8 % în 1966. Din această cauză, avariile datorite manevrelor greșite, care ar putea introduce anumite elemente caracteristice sistemului nostru electroenergetic, ca urmare a unor eventuale condiții specifice de exploatare, nu sînt în orice caz de natură a influența asupra caracterului general al concluziilor arătate mai sus.

Repartizarea avariilor pe zilele săptămînii

Tabela 2

Anul	Luni		Marți		Miercuri		Joi		Vineri		Sîmbătă		Duminică		Total nr.	Abaterea medie pătratică %
	nr.	%	nr.	%	nr.	%	nr.	%	nr.	%	nr.	%	nr.	%		
1963	242	19,7	171	13,9	121	9,8	127	10,3	182	14,8	240	19,5	147	12,0	1230	3,74
1964	134	13,2	143	14,1	157	15,4	164	16,1	157	15,4	138	13,6	124	12,2	1017	1,30
1965	135	13,8	171	17,5	189	19,4	114	11,7	113	11,6	154	15,7	101	10,3	977	3,13
1966	147	12,7	167	14,4	157	13,5	193	16,6	198	17,0	181	15,6	119	10,2	1162	2,21
Total 1963–1966	658	15,0	652	14,9	624	14,2	598	13,6	650	14,8	713	16,3	491	11,2	4386	1,51

În consecință, din această analiză este indicat să se rețină faptul că avariile în cursul unui an marchează în sistemul nostru electroenegetic o frecvență sensibil mai mare în orele de zi din lunile mai călduroase.

3. Stabilirea curbelor de sarcină tip

Cunoscînd probabilitatea de apariție a avariilor în diferite perioade ale anului, se poate trece în continuare la determinarea probabilității ca în timpul unei avarii să fie întreruptă o anumită putere. În acest scop este necesar să se cunoască forma curbelor de sarcină zilnice, caracteristice diferitelor perioade ale anului. Desigur că aceste curbe de sarcină comportă o mare varietate, în funcție în special de tipul consumatorului și de zilele din cursul anului. Pentru ca rezultatele la care se va ajunge să aibă un caracter cît mai general, în continuare vor fi adoptate curbele de sarcină zilnice corespunzătoare întregului sistem energetic și care constituie deci o medie ponderată a tuturor tipurilor de consumatori. Bineînțeles că în aceste condiții rezultatele obținute vor putea fi folosite, de exemplu, numai pentru studiile de optimizare a structurii instalațiilor importante, care deservesc un număr mare de consumatori cu caracteristici diferite, a căror curbă de sarcină rezultantă este deci apropiată ca formă de curba întregului sistem electroenergetic.

În cadrul unor studii [4], [5], [6] efectuate la Institutul de studii și proiectări energetice din București, a fost stabilită, pe baza unui mare număr de date statistice, structura curbelor zilnice de sarcină caracterizînd în prezent și în viitor sistemul electroenergetic al țării noastre. Pentru necesitățile lucrării de față este suficient de reținut că toate curbele zilnice de sarcină din cursul unui an pot fi încadrate în trei tipuri de diagrame reprezentate în trepte (fig. 1). Palierele de putere care intră în componența acestor diagrame constituie valori medii pe intervalele de timp respective și sînt măsurate în procente din puterea anuală maximă, de vîrf. Aceste diagrame nu se referă și la zilele de sărbătoare, care sînt afectate de tipuri puțin mai deosebite de curbe de sarcină. Acceptîndu-se această aproximație, se obține însă o apreciabilă simplificare a calculelor, fără să se introducă totuși decît erori de minimă importanță.

Din cele trei curbe-tip adoptate se poate obține în continuare diagrama puterilor clasate anuale (fig. 2), formată din zece paliere de putere. Numărul relativ mare al acestor paliere conduce însă la dificultăți în calcule, și de altfel nici nu este necesar pentru scopul urmărit în această lucrare. De aceea se va proceda la o simplificare a diagramei din figura 2, prin contopirea convenabilă a mai multor paliere, obținîndu-se astfel diagrama puterilor clasate anuale din figura 3, formată numai din patru paliere de putere :

- palierul 1, din contopirea palierelor *A* și *B* ale diagramei inițiale, $h_1 = 92,9\%$;
- palierul 2, din contopirea palierelor *C* și *D* ale diagramei inițiale, $h_2 = 83,2\%$;
- palierul 3, din contopirea palierelor *E* și *F* ale diagramei inițiale, $h_3 = 76,7\%$;
- palierul 4, din contopirea palierelor *G*, *H*, *I* și *J* ale diagramei inițiale, $h_4 = 65,2\%$.

Înălțimile h_1, h_2, h_3, h_4 ale acestor paliere noi de putere au fost obținute făcînd mediile ponderate respective.

Pornind de la această nouă diagramă a puterilor clasate, se pot reface diagramele zilnice din figura 1, obținîndu-se (fig. 4) trei tipuri de diagrame zilnice de sarcină simplificate, formate numai din patru paliere de putere. Aceste diagrame pot fi în continuare reprezentate compact (fig. 5) pe un grafic similar celui după care a fost întocmită și tabela 1.

4. Puterea întreruptă în urma unei avarii

Cu ajutorul elementelor determinate în paragrafele 2 şi 3 se poate calcula probabilitatea ca în timpul unei avarii să fie întreruptă o anumită putere, ceea ce înseamnă probabilitatea ca o avarie să apară în timpul unui anumit palier de putere al curbei de sarcină. În acest scop este necesar sə se analizeze în paralel tabela 1 şi figura 5.

Pentru dezvoltarea calculelor se notează cu N_i numărul cumulat de avarii, din cei patru ani consideraţi, care apar în perioadele de timp în care puterea corespunde palierului i $(i=1,2,3,4)$.

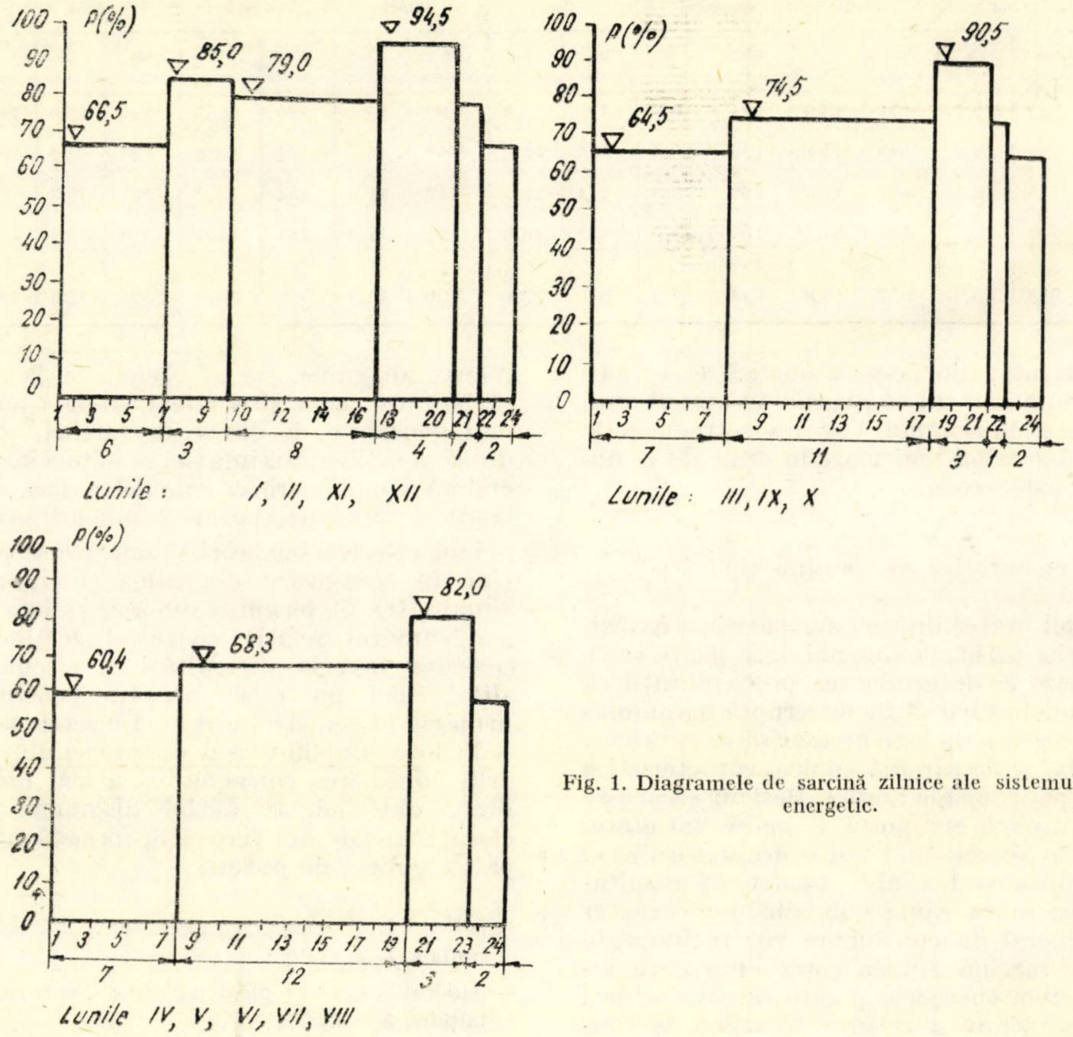


Fig. 1. Diagramele de sarcină zilnice ale sistemului energetic.

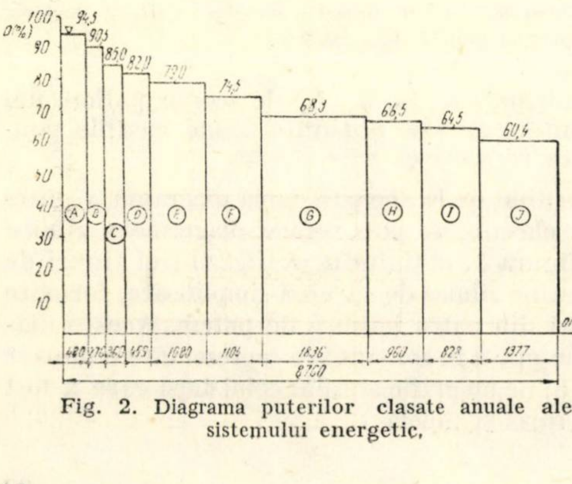


Fig. 2. Diagrama puterilor clasate anuale ale sistemului energetic.

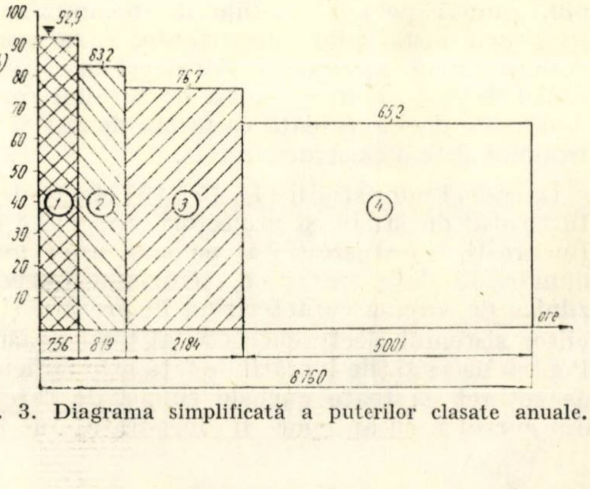


Fig. 3. Diagrama simplificată a puterilor clasate anuale.

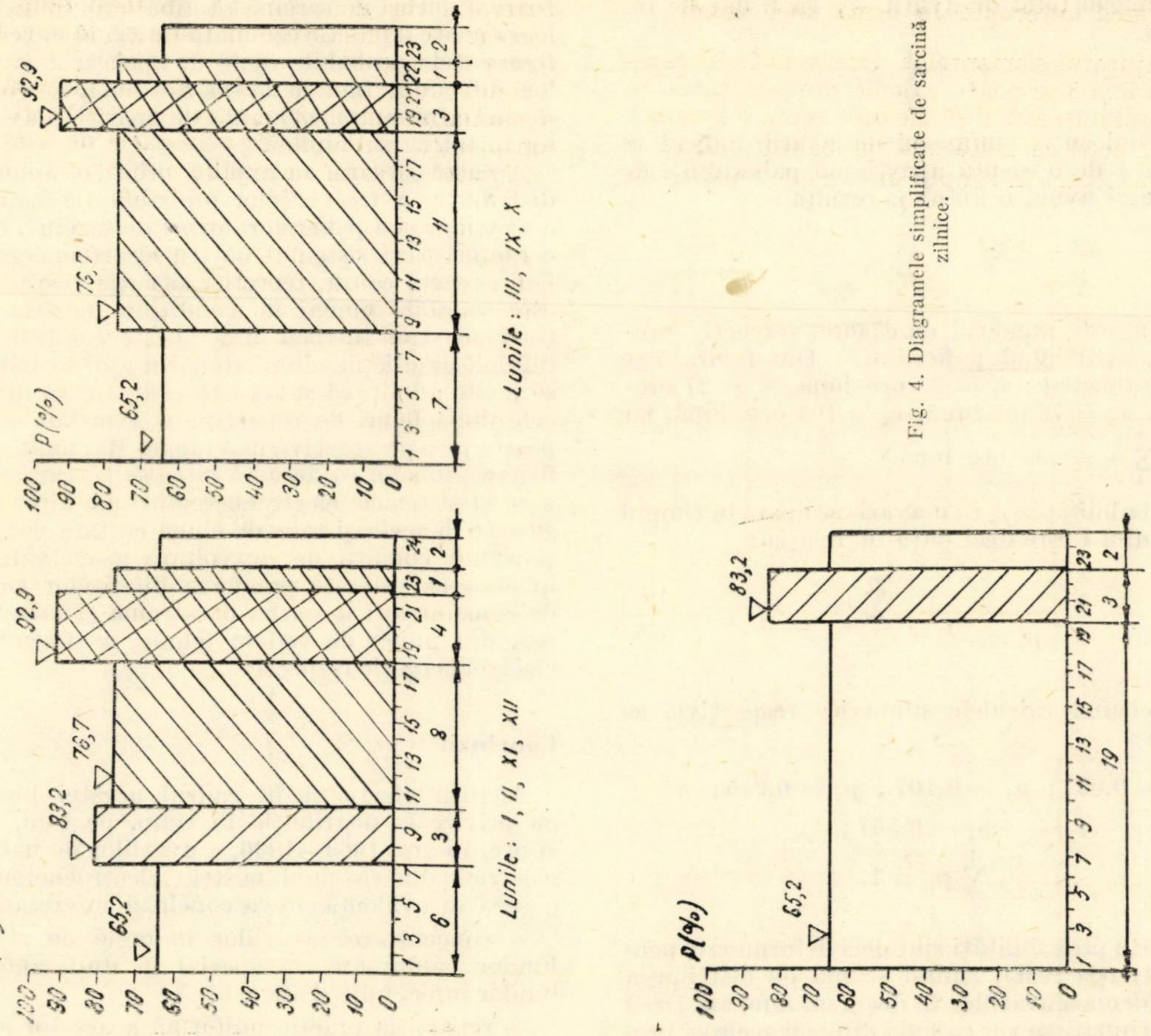


Fig. 4. Diagramele simplificate de sarcină zilnice.

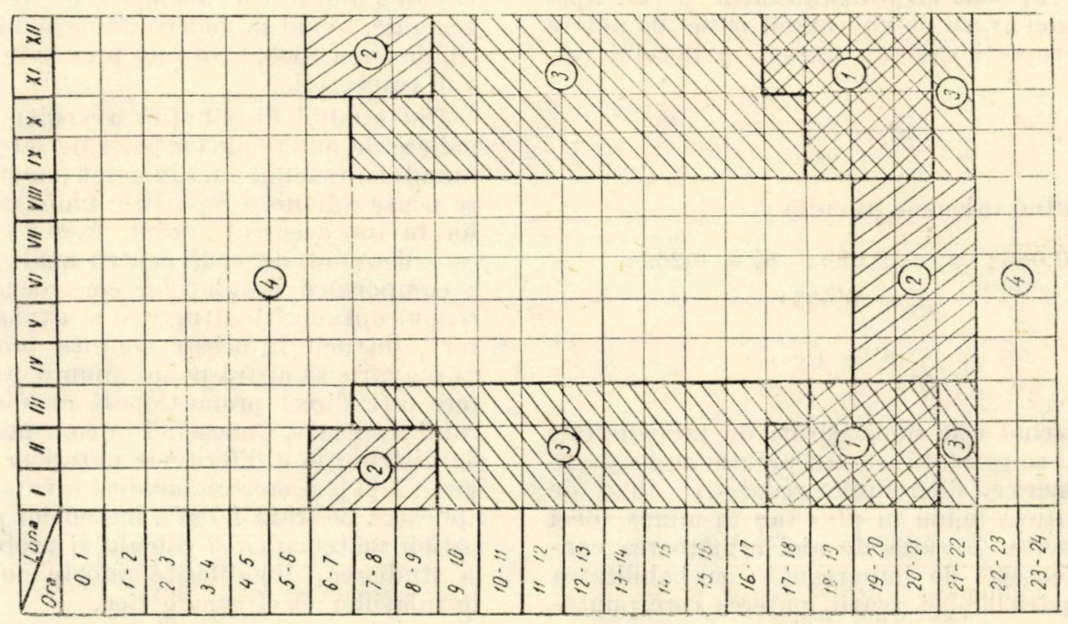

Luna
Ora
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII
0-1
1-2
2-3
3-4
4-5
5-6
6-7
7-8
8-9
9-10
10-11
11-12
12-13
13-14
14-15
15-16
16-17
17-18
18-19
19-20
20-21
21-22
22-23
23-24
①
②
③
④

Fig. 5. Reprezentarea concentrată a diagramelor de sarcină zilnice.

Numărul total de avarii N_t va fi dat de relația :

$$N_t = \sum_{1}^{4} N_i .$$

Notînd cu n_{ij} numărul de avarii indicat în tabela 1 de o căsuță aparținînd palierului i de putere și avînd ordinul j, rezultă :

$$N_i = \sum_{j=1}^{n_i} n_{ij},$$

unde n_i este numărul de căsuțe, respectiv ore·lună, aparținînd palierului i. Din figura 5 se obține imediat : $n_1 = 25$ ore·lună, $n_2 = 27$ ore·lună, $n_3 = 72$ ore.lună, $n_4 = 164$ ore. lună, iar $n_t = \sum_{1}^{4} n_i = 288$ ore·lună.

Probabilitatea p_i ca o avarie să apară în timpul palierului i este deci dată de relația :

$$p_i = \frac{N_i}{N_t} = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} n_{ij}}{N_t} .$$

Efectuînd calculele numerice respective, se obține :

$$p_1 = 0{,}091 ; \; p_2 = 0{,}107 ; \; p_3 = 0{,}245 ;$$
$$p_4 = 0{,}557 ;$$
$$\sum_{1}^{4} p_i = 1.$$

Aceste probabilități sînt deci determinate pentru situația reală, ținînd seamă de distribuția neuniformă a avariilor în decursul unui an. Dacă în continuare se vor calcula din nou aceleași probabilități, considerînd însă de această dată o repartiție uniformă a avariilor în decursul anului, este evident că probabilitatea p'_i de apariție a unei avarii pe un anumit palier de putere va fi proporțională cu durata palierului respectiv :

$$p'_i = \frac{n_i}{n_t} .$$

Efectuînd calculele, rezultă :

$$p'_1 = 0{,}086 ; \; p'_2 = 0{,}099 ; \; p'_3 = 0{,}262 ;$$
$$p'_4 = 0{,}553 ;$$
$$\sum_{1}^{4} p'_i = 1.$$

Comparînd cele două șiruri de probabilități p_i și p'_i, se constată că au practic aceleași valori numerice, diferențele respective fiind de numai cîteva miimi în plus sau în minus, deci neînsemnate. Rezultă de aici următoarea concluzie deosebit de importantă : probabilitatea ca, la apariția unei avarii, puterea corespunzătoare a curbei de sarcină să aibă o anumită valoare poate fi practic calculată fie avînd în vedere frecvențele probabile reale de apariție a avariilor, diferite în funcție de oră sau lună, fie considerînd o frecvență constantă de apariție a avariilor în tot cursul anului.

Această situație se explică printr-o anumită distribuție a frecvențelor probabile de apariție a avariilor și a palierelor curbei de sarcină, care caracterizează sistemul nostru electroenergetic. Din această cauză, teoretic, situația respectivă este valabilă numai în condițiile actuale ale țării noastre. Întrucît însă aceste condiții vor rămîne practic neschimbate și în anii următori, se poate admite că și această echivalență dintre cele două feluri de repartiție a avariilor se va păstra pe o perspectivă mai lungă. Mai mult, este foarte probabil ca această situație să caracterizeze și sistemele electroenergetice ale altor țări situate în aceleași zone de climă cu țara noastră și avînd condiții de dezvoltare asemănătoare în ceea ce privește ponderea diferitelor tipuri de consumatori în curba de sarcină și înzestrarea, din punct de vedere tehnic, a sistemului electroenergetic respectiv.

Concluzii

Analiza efectuată în cadrul acestei lucrări cu privire la distribuția în timp, pe luni, zile și ore, în anii 1963–1966, a avariilor de natură electrică din sistemul nostru electroenergetic, a scos în evidență cîteva concluzii interesante :

— concentrarea avariilor în orele de zi ale lunilor călduroase, în special în după-amiaza lunilor iunie, iulie și august ;

— repartiția practic uniformă a acestor avarii pe diferitele zile ale săptămînii.

Deși datele statistice folosite se referă numai la patru ani, totuși concluziile pot fi considerate generale, avînd în vedere numărul mare de avarii, de circa 1000, care s-au produs în fiecare din anii respectivi.

Din studiul distribuției avariilor pe diferite paliere de putere ale curbelor de sarcină ale sistemului a rezultat că, din acest punct de vedere, se poate admite o repartiție uniformă a avariilor în tot decursul anului. Această constatare este deosebit de utilă pentru analiza statistică a comportării instalațiilor electroenergetice, în scopul optimizării structurii și exploatării acestora, întrucît în aceste condiții probabilitatea ca o avarie să apară pe un anumit palier de putere este direct proporțională cu durata palierului respectiv. Cunoscînd în continuare și legea de distribuție a diferitelor puteri în curbele de sarcină [7], se creează condiții favorabile pentru aplicarea pe scară largă a metodelor proprii statisticii matematice și calculului probabilităților la studierea, din diferite puncte de vedere, a instalațiilor electroenergetice.

Bibliografie

[1] Runge, G. *Die Entwicklung des Storungs- und Schadensgeschehens in elektrischen Netzen der öffentlichen Energieversorgung der D D R.* Energietechnik 14 (1964), nr. 6, p. 242–252.

[2] * * * *Studiu privind stabilirea avariilor specifice din anii 1963 și 1964 pe categorii de echipament electric principal.* ISPE, București, 1966.

[3] Constantinescu, E. *Dimensionarea instalațiilor electroenergetice cu ajutorul metodelor statistice și probabilistice.* Autoreferat la teza de doctorat. Institutul politehnic „Gh. Gheorghiu-Dej", București, 1967.

[4] * * * *Structura optimă a puterii instalate în sistem.* ISPE, București, 1966.

[5] * * * *Studiu privind dezvoltarea consumului de energie electrică și a curbelor de sarcină în perioada 1966–1975.* ISPE, București, 1966.

[6] Constantinescu, E., Petrescu, C., Chirică, E., Costin, E. și Manolescu, L. *Folosirea cartelelor perforate pentru evidența și analiza statistică a avariilor și a caracteristicilor electrice ale instalațiilor energetice.* A 5-a sesiune de comunicări tehnico-științifice a Institutului de studii și proiectări energetice, București, 1965, p. 127–133.

[7] Constantinescu, E. *Analiza statistică a curbelor de sarcină.* Energetica 15 (1967), nr. 2, p. 53–59.

(Articol intrat în redacție la 14 septembrie 1967)

Problema siguranței în exploatare a unui sistem energetic

I. EVALUAREA PUTERII PROBABIL AVARIATE ȘI A REZERVEI DE PUTERE PENTRU PRELUAREA AVARIEI

Ing. **C. I. Staicu**,
ing. **A. Mitroi** și
tehn. **A. Teacă**

Siguranța în exploatare a unui sistem energetic interconectat reprezintă o problemă complexă, cu multiple aspecte tehnice și consecințe economice. Dintre acestea, un aspect important se referă la rezerva de putere care trebuie menținută în sistem pentru acoperirea avariilor; în caz că nu este judicios evaluată, această rezervă poate să conducă la investiții suplimentare apreciabile, cu eficiență redusă.

Metoda de studiu a problemei rezervei de putere, care se prezintă, constă în compararea puterii care poate fi avariată, la un moment dat, cu rezerva de putere de care se poate dispune, în același moment, pentru înlocuirea puterii avariate.

În articolul de față se tratează evaluarea puterii probabil avariate și a rezervei de putere pentru preluarea avariei, urmînd ca ulterior să se prezinte partea a doua „Acoperirea puterii probabil avariate cu rezerva de putere pentru preluarea avariei".

1. Evaluarea puterii probabil avariate

1.1. *Istoriograma grupului electrogen*

În vederea unei evaluări a cotei de putere dintr-un sistem energetic care s-ar putea avaria la un moment dat, într-o etapă viitoare, se iau în considerare avariile care s-au produs în același sistem, într-o perioadă trecută. Această analiză statistică poate fi făcută pe baza istoriogramelor grupurilor electrogene în funcțiune în sistemul energetic studiat.

Istoriograma unui grup electrogen (i), care ilustrează comportarea în timp a grupului respectiv, reprezintă un șir de perioade de timp: perioade de funcționare $t_f(i)$, care alternează cu perioade de avarie $t_a(i)$.

Istoria perioadelor de funcționare și a perioadelor de avarie viitoare ale unui grup electrogen sînt funcții aleatorii de timp și deci istoriile funcționării și avariilor elementelor unui sistem energetic sînt procese stochastice (proces definit ca o familie de funcții aleatorii), reprezentînd istoriile funcționării și avariilor tuturor elementelor sistemului. În figura 1 se prezintă istoriograma unui grup electrogen.

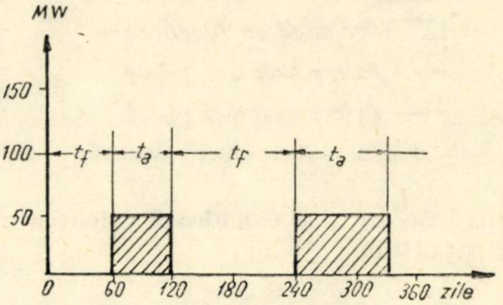


Fig. 1. Istoriograma avariilor unui grup electrogen:
t_a – durata avariei; t_f – durata funcționării.

La determinarea probabilităților diferitelor istorii posibile ale unui grup electrogen se admite ipoteza că duratele perioadelor succesive de funcționare $t_f(i)$, respectiv de avarie $t_a(i)$, ale grupului sînt mărimi aleatorii statistic independente, referitoare la aceeași colectivitate statistică, iar duratele perioadelor de funcțio-

---

[*] C. I. Staicu este șef de atelier la Institutul de studii și proiectări energetice, A. Mitroi proiectant principal și A. Teacă proiectant la același institut.

nare, respectiv de avarie, sînt de asemenea mărimi independente din punct de vedere statistic.

1.2. *Curbele puterii avariate*

Pentru fiecare an al unei perioade trecute considerate se determină, din istoriogramele tuturor grupurilor, puterea avariată zilnic P_a (suma puterilor grupurilor avariate și a grupurilor oprite pentru prevenirea avariilor) și puterea efectiv utilizată $P_{ef\,u}$ (suma puterilor grupurilor avariate și în funcțiune). Valorile obținute pentru P_a și $P_{ef\,u}$ generează curbe de variație a puterii avariate, respectiv a puterii efectiv utilizabile, separat pentru zile de lucru și zile de sărbătoare. Datele care se obțin din această analiză reprezintă mai corect realitatea cu cît perioada examinată este mai îndelungată (4—5 ani).

În figura 2 sînt reprezentate curbele puterii avariate și a puterii efectiv utilizabile.

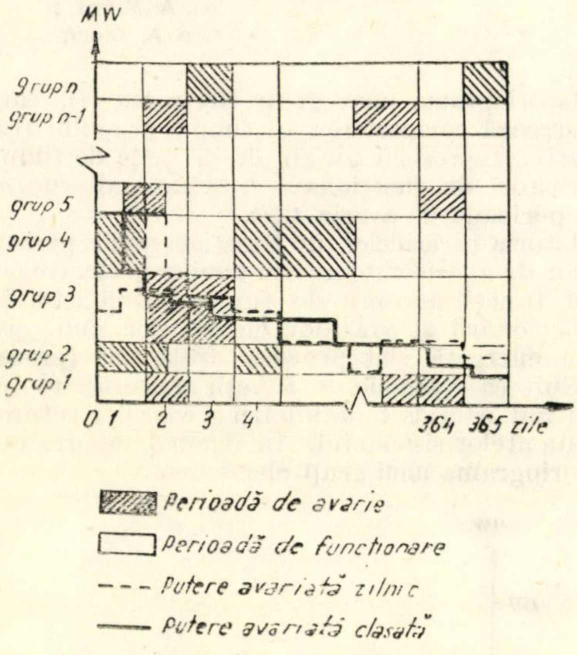


Fig. 2. Curbele puterii avariate.

Pentru fiecare zi se calculează valoarea numerică a raportului:

$$\frac{P_a}{P_{ef\,u}} = c. \qquad (1)$$

Ordonînd valorile acestui raport, se poate trasa curba clasată după durată, exprimată procentual, separat pentru zile de lucru și de sărbătoare. Se poate dispune, în acest mod, de 4—5 curbe clasate pentru fiecare dintre cele două feluri de zile.

Datorită faptului că aceste curbe clasate sînt grupate concentrat, se poate admite cîte o curbă medie pentru fiecare fel de zile ca reprezentative pentru întreaga perioadă examinată. Gruparea acestor curbe clasate pune în evidență sensul de variație a raportului dintre puterea avariată și puterea efectiv utilizabilă corespunzător anilor în care puterea nou instalată prezintă diferențe relativ apreciabile comparativ cu puterea existentă.

În figura 3 se reprezintă curbele clasate ale puterii avariate și curba medie.

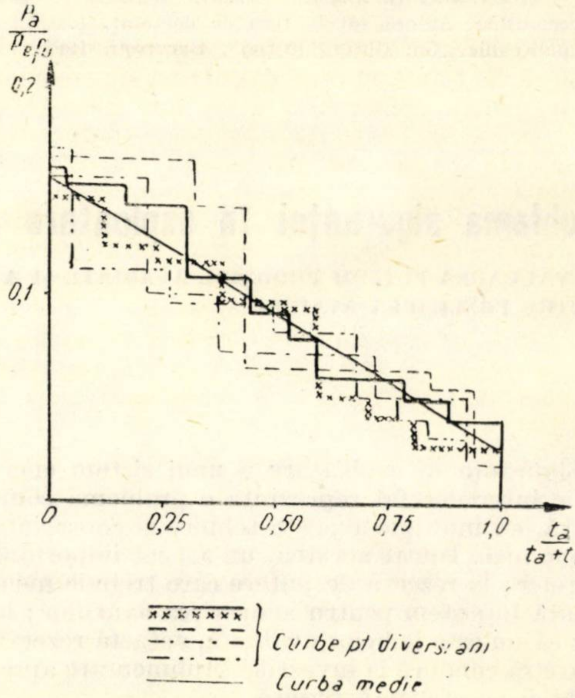


Fig. 3. Curbele clasate ale puterii avariate.

1.3. *Curba puterii probabil avariate*

Curbele procentuale medii obținute statistic pot fi considerate ca reprezentative și pentru o perioadă viitoare, cu condiția ca structura puterilor, mărimea puterilor unitare, parametrii și numărul agregatelor de putere mare care se prevede să intre în funcțiune să fie similare cu cele ale perioadei pentru care s-au stabilit curbele procentuale. Pentru situațiile în care apar abateri relativ importante de la aceste condiții, este necesar să se țină seamă de aceste realități la stabilirea curbei procentuale, luîndu-se ca bază sensul de deplasare al curbelor clasate, stabilite statistic, care reflectă aceste influențe.

Pe baza curbelor procentuale și a valorilor puterilor efectiv utilizabile, pentru fiecare an al perioadei viitoare se pot stabili curbele clasate ale puterii probabil avariate corespunzătoare.

Se precizează că un punct oarecare de pe curba medie indică pe abscisă probabilitatea de a fi în avarie o putere mai mare decît cea indicată de ordonata corespunzătoare punctului.

Cunoscînd că, în această metodă de studiu, evaluarea puterii probabil avariată se face pe baze statistice, rezultă că aceasta trebuie să se apropie cît mai mult de realitate, pentru a se evita investițiile cu eficiență redusă.

2. Evaluarea rezervei de putere pentru preluarea avariei

2.1. *Analiza puterilor*

În vederea evaluării cotei de putere care trebuie să fie ținută în rezervă într-un sistem energetic pentru preluarea avariei, este necesar să se facă analiza puterii instalate, a reducerilor de putere (cu caracter permanent, cu caracter temporar și pentru reparații planificate) și a rezervelor de putere (pentru avarie și pentru menținerea frecvenței). Această analiză trebuie să se facă pentru fiecare lună a perioadei examinate și constă în următoarele :

— se calculează puterea instalată a sistemului P_i, luîndu-se în considerare puterea existentă la începutul perioadei și puterea nouă, care se propune sau se prevede să fie instalată ;

— se calculează reducerea de putere cu caracter permanent P_{ind} ; această reducere determină puterea disponibilă a sistemului cu relația $P_d = P_i - P_{ind}$;

— se stabilește sarcina maximă a sistemului, corespunzătoare vîrfului maxim lunar P_s ;

— se calculează rezerva de putere pentru menținerea frecvenței P_{mf}.

Diferența de putere definită de relația $P_d - (P_s + P_{mf})$ reprezintă :

— necesarul de reparații planificate ΔP_{rd} pentru echipamentul aflat în funcțiune la începutul perioadei examinate ;

— reducerea de putere cu caracter temporar $\Delta' P_{ld}$ aferentă grupurilor care nu sînt în reparație ;

— rezerva de putere pentru preluarea avariei P_{ra}.

Pe baza celor de mai sus rezultă că este valabilă următoarea ecuație pentru bilanțul de puteri :

$$P_i - (P_{ind} + \Delta P_{rd} + \Delta' P_{ld} + P_{mf} + P_s) = P_{ra}. \qquad (2)$$

În figura 4 se reprezintă analiza puterilor și se pune în evidență puterea efectiv utilizabilă definită de relația :

$$P_{efu} = P_s + P_{mf} + P_{ra}. \qquad (3)$$

Din figură pot fi obținute, prin planimetrare, valorile numerice ale suprafețelor delimitate de axele sistemului de coordonate și curba puterii disponibile, care se notează cu D, respectiv curba sarcinii, care se notează cu S ; de asemenea se poate măsura suprafața aferentă puterii pentru menținerea frecvenței, care se notează cu F. Rezultă deci că este valabilă relația :

$$K = D - (S + F), \qquad (4)$$

a cărei valoare numerică este deci cunoscută.

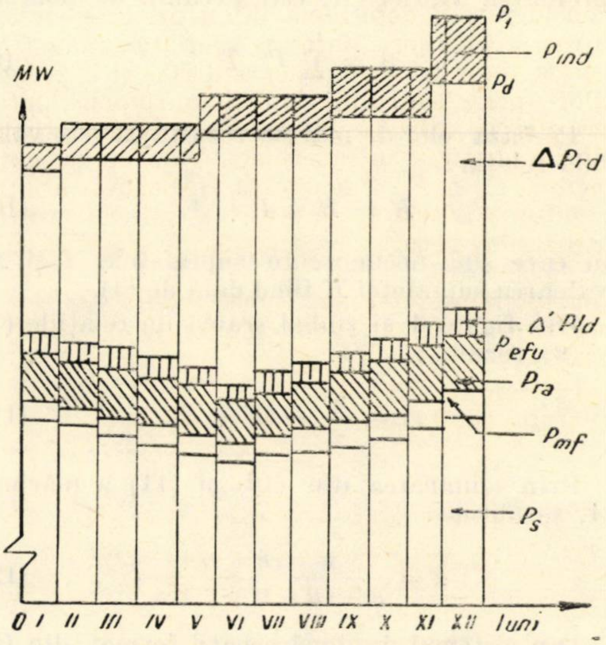


Fig. 4. Analiza puterilor.

Se definește rezerva de putere pentru preluarea avariei cu relația :

$$P_{ra} = \alpha P_{efu}, \qquad (5)$$

în care α este o constantă necunoscută.

De asemenea se definește reducerea de putere cu caracter temporar aferentă grupurilor care nu sînt în reparație, cu relația :

$$\Delta' P_{ld} = \frac{\Delta P_{ld}}{P_d} P_{efu}. \qquad (6)$$

2.2. *Rezerva de putere pentru preluarea avariei*

Problema care se pune este să se determine, lună de lună, puterea efectiv utilizabilă, din care se obține — cu relația (5) — rezerva de putere pentru preluarea avariei. În acest scop se prezintă ecuațiile necesare.

Energia aferentă puterii pentru reparații (R) se calculează cu relația :

$$R = \sum_{i=1}^{12} \Delta P_{rd}^{i} \, T^{i}, \qquad (7)$$

în care T reprezintă durata unei luni.

Energia aferentă indisponibilului temporar de putere aferentă grupurilor care nu sînt în reparație (I) este definită de relația :

$$I = \sum_{i=1}^{12} \Delta' P^i_{ld}\, T^i. \tag{8}$$

Energia aferentă puterii de rezervă pentru preluarea avariei (A) este definită de relația :

$$A = \sum_{i=1}^{12} P^i_{ra}\, T^i. \tag{9}$$

Pe baza celor de mai sus rezultă că este valabilă relația :

$$K = R + I + A, \tag{10}$$

în care sînt necunoscute suprafețele I și A, valoarea suprafeței K fiind dată de (4).

Din figura 4 și ținînd seamă de relațiile (5) și (9), rezultă :

$$A = \frac{A}{\alpha} - (F + S). \tag{11}$$

Prin eliminarea din (10) și (11) a mărimii A, se obține :

$$\alpha = \frac{K - (R + I)}{K - (R + I) + F + S}. \tag{12}$$

Din sistemul de două ecuații format din (4) și (6) rezultă :

$$P_{efu} = \frac{P_{mf} + P_s}{1 - \alpha}. \tag{13}$$

Ecuația (13) poate fi scrisă pentru fiecare lună, ceea ce conduce la un sistem de 12 ecuații cu 13 necunoscute, $P_{efu}(i)$ și α, iar $(i) = 1 \ldots 12$.

Din sistemul de 14 ecuații (6), (8), (12) și (13), cu același număr de necunoscute, se obține, prin eliminarea necunoscutelor I și P_{efu}, relația :

$$\alpha = \frac{(1-\alpha)(K-R) - \sum\limits_{i=1}^{12} \frac{\Delta P^i_{ld}}{P^i_d} [P^i_{mf} + P^i_s] \cdot T^i}{(1-\alpha)(K-R+F+S) - \sum\limits_{i=1}^{12} \frac{\Delta P^i_{ld}}{P^i_d} [P^i_{mf} + P^i_s] \cdot T^i} \tag{14}$$

cu care se poate calcula constanta α.

Cunoscînd valoarea acestei constante, se poate determina, lună de lună, puterea efectiv utilizabilă, folosind relația (13). Din relațiile (5) și (6) rezultă rezerva de putere pentru preluarea avariei, respectiv reducerea de putere cu caracter temporar aferentă grupurilor care nu sînt în reparație. De asemenea, se poate calcula puterea probabil avariată folosind relația (1) și curba clasată medie a puterii avariate din figura 3.

Pe baza celor de mai sus se obține totodată modelul pentru repartizarea pe luni a reparațiilor.

2.3. *Posibilități de sporire a rezervei de putere pentru preluarea avariei*

În ipoteza menținerii unei puteri instalate date, din ecuația bilanțului de puteri (2) rezultă că rezerva de putere pentru preluarea avariei poate fi sporită, fie prin supraîncărcarea grupurilor electrogene, fie prin micșorarea reducerilor de putere, a rezervei de putere pentru menținerea frecvenței și a sarcinii sistemului.

Supraîncărcarea P'_{ss}, care poate fi luată în considerare în acest scop, poate fi realizată numai cu grupurile care nu sînt scoase din funcțiune pentru reparație și se calculează cu relația :

$$P'_{ss} = \frac{\sum\limits_{i=1}^{n} P^i_{ss}}{P_d} (P_{efu} - P_{ra}),$$

în care

P_{ss} este supraîncărcarea unui grup ;
n — numărul grupurilor,

restul simbolurilor avînd semnificația de mai înainte. Supraîncărcarea se determină pentru fiecare lună a anului.

Micșorarea reducerii de putere cu caracter permanent este condiționată de realizarea unor investiții și poate fi luată în considerație numai pe baza calculelor tehnico-economice privind oportunitatea realizării lor. Această posibilitate este, în general, limitată dacă la stabilirea inițială a indisponibilului permanent s-au examinat toți factorii care o determină.

Micșorarea reducerii de putere cu caracter temporar poate fi realizată numai cînd această reducere este determinată de diverși factori întîmplători (folosirea unui alt combustibil, reducerea consumului de căldură la centralele de termoficare etc.). Este necesar ca în exploatare acești factori să fie evitați, sau duratele în care conduc la reducerea puterii să fie cît mai scurte. În privința reducerii de putere cu caracter temporar, determinată de condițiile climatice, nu poate fi luată în considerare o micșorare.

Micșorarea reducerii de putere pentru reparații planificate poate fi realizată prin pregătire prealabilă minuțioasă, organizare corespunzătoare cu un înalt grad de mecanizare și efectuare de reparații de bună calitate. Este necesar de asemenea ca frecvența reparațiilor să fie cît mai mică.

Micșorarea rezervei de putere pentru menținerea frecvenței poate fi realizată prin determinarea cît mai corectă a variațiilor sarcinii sistemului de la valoarea medie adoptată.

Micșorarea sarcinii sistemului poate să fie luată în considerare în sensul aplatizării curbei zilnice de consum. În acest scop este necesară cunoașterea specificului fiecărui consumator în legătură cu posibilitatea de a fi suprimat sau micşorat consumul de energie electrică în anumite ore.

În ipoteza modificării unei puteri instalate date, rezerva de putere pentru preluarea avariei poate fi sporită prin instalarea de noi unităţi în sistemul energetic. Adoptarea acestei soluţii trebuie să rezulte pe baza unui calcul tehnico-economic comparativ cu soluţia în care nu se modifică puterea instalată.

Bibliografie

[1] Calabrese, G. *Calcul de la puissance de réserve dans les complexes électriques par la méthode des probabilités.* Bull. Scient. AIM, 1955, p. 801–862.

[2] Markovici, M. I. *Osnovnîe rejimnîe prinţipî vîbora velicinî i razmeşceniia rezerva aktivnoi moscinosti v energheticeskih sistemah.* Elektricestvo, nr. 3, 1959, p. 11–17.

[3] Brossa Giandomenico. *Determinazione dello sviluppo dei sistemi elettrici di produzione con il metodo probabistico.* L'elettrotecnica, vol. XLVIII, 1961, nr. 4, p. 251–262.

[4] Müller, H. *Zur Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung bei der Bestimmung der Betriebsreserve in einem einzelnen und im vereinigten Elektroenergiesystem.* Energietechnik, nr. 1, 1963, p. 31–38.

[5] Vassell, S. G. şi Tibberts, N. *An Approach to the Analysis of Generating — Capacity Rezerve Requirements.* IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. 84 (1965), nr. 1, p. 64–79.

(Articol intrat în redacţie la 10 septembrie 1967)

Tratarea apei în centralele termoelectrice

Probleme ridicate de pătrunderile de apă brută, sau numai dedurizată, în circuitul primar al centralelor termoelectrice cu parametri înalţi

Ing. **G. Neuberger** şi ing. **M. Kaufman***)

Folosirea parametrilor înalţi ai aburului viu permite o îmbunătăţire substanţială a randamentului global al ciclului termic. Această îmbunătăţire, care se demonstrează cu uşurinţă din punct de vedere termodinamic, atrage însă după sine o serie de dificultăţi tehnice referitoare la circuitul primar de apă-abur, care au determinat o revizuire a concepţiilor cu privire la puritatea agentului de lucru — apa — în cele două faze menţionate.

Într-o primă etapă s-a impus ideea că apa de adaos pentru completarea pierderilor nu poate fi decît apă total demineralizată, optîndu-se în general pentru demineralizarea pe cale chimică. În măsura în care problema apei de adaos a fost definitiv rezolvată, obţinîndu-se o calitate a acesteia similară, sau chiar superioară, aceleia a condensatului de bază, dificultăţile din exploatare au scos din ce în ce mai mult în evidenţă importanţa pătrunderilor întîmplătoare de apă brută, sau în general nedemineralizată, în circuitul primar.

Cele mai importante surse pentru pătrunderi sînt condensatoarele pentru centralele de condensaţie, sau condensatoarele şi boilerele de preparare a apei fierbinţi pentru centralele de termoficare.

Existenţa a două surse principale de impurificare face ca exploatarea centralelor de termoficare cu parametri înalţi să fie mai dificilă; problematica acestora include însă pe aceea a centralelor de condensaţie.

1. Condensatoarele ca sursă de pătrunderi

Pentru circuitul apă-abur al centralelor cu parametri înalţi (140 kgf/cm^2 şi 570°C) sînt normate următoarele valori pentru silice:

SiO_2 — apă de cazan (s_p) $\leqslant 0{,}6$ mg/l;
SiO_2 — apă de alimentare (s_{aa}) $\leqslant 0{,}02$ mg/l;
SiO_2 — abur (s_{ab}) $\leqslant 0{,}02$ mg/l.

În practica exploatării se realizează în mod curent următoarele valori referitoare la conţinutul de silice: $s_p = 1{,}2$ mg/l SiO_2 pentru apa de cazan (purjă); $s_{ab} = 0{,}01$ mg/l SiO_2 pentru abur şi $s_{aa} = 0{,}018$ mg/l SiO_2 pentru apa de alimentare. Conductivitatea aceloraşi probe este de circa 1,0–1,3 μS/cm, fără corecţia pentru alcalii volatile, şi de aproximativ 0,4–0,5 μS/cm după corecţia corespunzătoare. Valorile menţionate reprezintă valori medii, determinate în circuitele primare, în perioadele în care exploatarea se consideră că decurge în condiţii acceptabile.

În funcţie de aceste valori, purja corespunzătoare, calculată, ar trebui să fie:

$$p = \frac{100\,(s_{aa} - s_{ab})}{s_p - s_{aa}} = \frac{100\,(0{,}018 - 0{,}01)}{1{,}2 - 0{,}018} = 0{,}675\,\%.$$

Aceasta înseamnă că, pentru cazul concret al unui cazan de abur cu parametri înalţi (de exemplu cazanul TG–84), exploatat în mod curent la 350–400 t/h, purja rezultată ar fi de 2,37–2,80 t/h.

Determinările volumetrice efectuate la majoritatea centralelor dotate cu cazane cu astfel de debite au arătat că, în realitate, pentru a se menţine $s_p = 1{,}2$ mg/l, purja efectivă nu poate fi coborîtă sub 15 t/h. Pentru debitele considerate de 350–400 t/h, rezultă o purjă procentuală de 3,75–4,33 %.

Este evident că stabilirea purjei pe bază de calcul este incorectă, datorită faptului că una dintre determinările pentru SiO_2 nu este corectă.

Cel mai probabil, determinarea incorectă este cea pentru conţinutul de SiO_2 din apa de alimentare, deoarece prin metodele curente de analiză nu se detectează decît SiO_2 solubil. Conţinutul de SiO_2 coloidal nu este în acest caz pus în evidenţă, deşi neconcordanţa dintre determinări arată că există.

În apa de cazan şi în abur, SiO_2 este solubilizat astfel încît, prin determinările analitice efectuate, conţinutul respectiv este, integral, detectat.

---

*) Ing. G. Neuberger este şeful serviciului de raţionalizări chimice din IRME, ing. M. Kaufman este adjunct şef serviciu în IRME.

Dacă se admite o valoare medie a purjei de 4 %, se poate efectua un calcul invers pentru determinarea conținutului real de SiO_2, prezent sub ambele forme (SiO_2 solubil + SiO_2 coloidal) în apa de alimentare :

$$SiO_{2,aa} = \frac{100\ s_{ab} + p\ .\ s_p}{100 + p} = \frac{100 \cdot 0{,}1 + 4 \cdot 1{,}2}{100 + 4} =$$

$$= 0{,}056\ \text{mg/l}\ SiO_2.$$

Diferența dintre conținutul determinat analitic $SiO_2 = 0{,}018$ mg/l și cel determinat prin calcul, în baza purjei efective, $SiO_{2,aa} = 0{,}056$ mg/l, se datorează pătrunderilor de apă brută sau nedemineralizată (simplu dedurizată).

2. Cazul unei centrale de condensație

În cazul unei centrale de condensație, sursa posibilă a pătrunderilor de apă brută o constituie în primul rînd condensatoarele. Pentru considerațiile care urmează, se admite următoarea compoziție medie, convențională, a apei de răcire care circulă prin condensatoare: SiO_2 solubil = 10 mg/l; SiO_2 total = 50 mg/l (determinat gravimetric); duritatea = 8°d; conductivitatea = 250 µS/cm. Notînd cu a debitul de apă infiltrat și cu A debitul de condensat, se poate scrie următorul bilanț pentru SiO_2, ținînd seamă de valorile determinate anterior :

$$50\ .\ a + 0{,}01\ .\ A = 100\ .\ 0{,}56\ \text{și}$$

$$a + A = 100.$$

Din acest sistem simplu de ecuații rezultă : $a = 0{,}092\,\% \simeq \simeq 0{,}1\,\%$, valoare care permite să se aprecieze ordinul de mărime a infiltrațiilor.

Determinarea analitică a unor infiltrații de acest ordin de mărime nu este în general posibilă în exploatarea obișnuită a unei centrale. O urmărire după duritate duce la următorul bilanț pentru apa de răcire considerată :

$$0{,}1\ .\ 8 + 99{,}9\ .\ 0 = 100\ x,\ \text{de unde}\ x = 0{,}008\ ^0\text{d}$$

Astfel de valori ale durității nu sînt detectabile, limita pentru o analiză îngrijit făcută prin metodele curente fiind de circa 0,014 ^{0}d.

După conductivitate un bilanț similar dă :

$$0{,}1\ .\ 250 + 99{,}9\ .\ 1{,}0 = 100\ x,\ \text{de unde}\ x = 1{,}25\ \mu\text{S/cm},$$

valoare care nu alarmează exploatarea, întrucît, după cum s-a arătat, valorile curente variază între 1,0 și 1,3 µS/cm, la determinările fără corecție pentru alcalii volatile.

Situația se modifică în cazul determinărilor conductivității cu corecție pentru alcalii volatile, cînd bilanțul dă :

$$0{,}1\ .\ 250 + 99{,}9\ .\ 0{,}4 = 100\ x,\ \text{de unde}\ x = 0{,}65\ \mu\text{S/cm},$$

ceea ce reprezintă o depășire sesizabilă a intervalului 0,4—0,5 µS/cm, menționat inițial.

Rezultă deci că singura metodă curentă care permite detectarea pătrunderilor constă în măsurarea conductivității, cu corecția necesară pentru alcalii volatile.

Totuși, posibilitatea de detectare a pătrunderilor nu îmbunătățește situația exploatării, care, practic, nu poate întreprinde nimic pentru localizarea și eliminarea unor infiltrații de ordinul a 0,1 %.

Deși ca valoare absolută aceste infiltrații par mici, datorită lor se transportă însă în cazan o cantitate importantă de săruri, care se depun. Astfel, admițînd o echivalență aproximativă de 0,5µS/cm = 1 mg/l, rezultă că la o creștere de circa 0,2 µS/cm a conductivității corespunde un conținut de săruri de 0,1 mg/l sau de aproximativ 0,1 g/t. Pentru un cazan exploatat la 400 t/h și cu o durată de utilizare de 7000 h/an, rezultă :

$$\frac{0{,}1\ \text{g/t}\ .\ 400\ \text{t/h} \cdot 7000\ \text{h/an}}{1000} = 280\ \text{kg/an săruri},$$

din care aproximativ 100 kg sînt săruri de duritate, exprimate sub formă de calciu. Chiar la o depunere uniformă, în cazan se constituie un strat de 0,4 mm grosime. În realitate au loc desprinderi de crustă, acumulări, înfundări de țevi sau neuniformități ale circulației, cu toate urmările grave cunoscute : arderi și spargeri de țevi de ecran.

3. Boilerele de termoficare ca sursă de pătrunderi

Considerații similare pun în evidență faptul că și în cazul boilerelor de termoficare, mărimea pătrunderilor care ar mai putea fi admise nu trebuie să depășească 0,08 %. În consecință, la o turbină de termoficare tip VT—50—1, la care debitul maxim la admisie este de 245,5 t/h, o pătrundere de 0,08 % reprezintă 196,5 kg/h. Admițînd o repartiție egală între cele două boilere existente în schemele uzuale (de bază și de vîrf), rezultă că infiltrațiile nu trebuie să depășească 100 kg/h la fiecare. Se subliniază faptul că se consideră în acest caz, pentru simplificare, condensatorul absolut etanș.

În realitate, infiltrațiile în boilere sînt mult mai masive decît la condensatoare, datorită diferenței mai mari de presiune între partea de abur — condensat și partea de apă de răcire.

În continuare se va arăta, pe baza unui exemplu de calcul, că pătrunderile de apă brută prin neetanșeitățile inerente ale țevilor mandrinate depășesc cu mult valoarea admisibilă :

Debitul de fluid care curge printr-o fantă este :

$$\dot{V} = \mu\, F \sqrt{2g \cdot \frac{p_1 - p_2}{\gamma}}\ [\text{m}^3/\text{s}],$$

unde :

μ este coeficientul de curgere ;
F — aria fantei, m^2 ;
γ — greutatea specifică a fluidului, kgf/m^3 ;
$p_1 - p_2$ — căderea de presiune disponibilă, kgf/m^2.

În cazul curgerii printre doi cilindri coaxiali (țeavă—alezaj) cu $\frac{\delta}{d} < 0{,}1$ și $\frac{l}{\delta} > 10$, pentru $\text{Re} = \frac{2\,\delta\,\dot{V}}{\nu F} < 500$, coeficientul de curgere este $\mu = c\sqrt{\text{Re}}$; pentru Re > 2000 coeficientul μ nu depinde de Re și este cuprins în intervalul $\mu = 0{,}62 \ldots 0{,}70$.

Dacă se admite existența, accidentală, a unui interstițiu remanent $\delta = 0{,}05$ mm, rezultă o suprafață a neetanșeității pentru o singură țeavă Ø 24 mm :

$$F = \pi\, d_m\, \delta = 3{,}14 \cdot \frac{24 + 24{,}05}{2}\, 0{,}05 = 3{,}77\ \text{mm}^2 =$$

$$= 3{,}77 \cdot 10^{-6}\ \text{m}^2$$

$$\text{Re} = \frac{2 \cdot 0{,}05 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \cdot 0{,}00109 \cdot \frac{1}{3\,600}}{0{,}201 \cdot 10^{-6} \cdot 3{,}77 \cdot 10^{-6}} = 3\,980,$$

unde

0,00109 m^3/kg este volumul specific al apei, la 150^{0}C ;
0,201 · 10^{-6}m^2/s — viscozitatea cinematică a apei, la 150^{0}C ;
1/3600 — factor de transformare din m^3/h în m^3/s.

Se alege $\mu = 0{,}62$ și se consideră $p_1 = 20$ kgf/cm^2 în spațiul de apă și $p_2 = 4{,}5$ kgf/cm^2 în cel de abur.

$$\dot{V} = 0{,}62 \cdot 3{,}77 \cdot 10^{-6} \sqrt{2 \cdot 9{,}81\, \frac{(20 - 4{,}5)\, 10^4}{918}} =$$

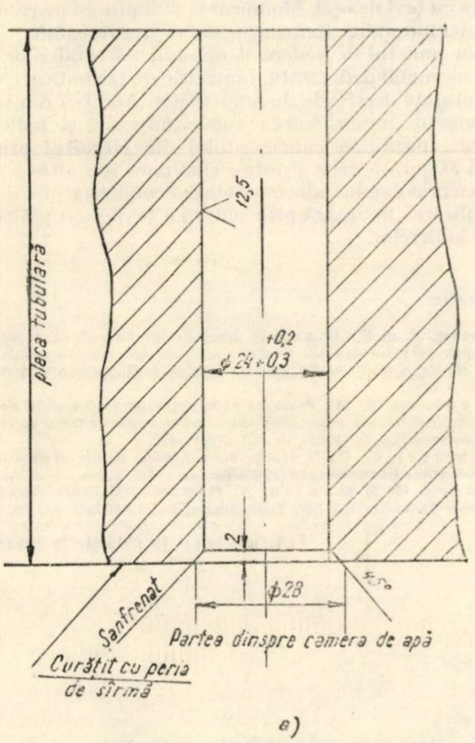
$$= 0{,}62 \cdot 3{,}77 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{3310} = 0{,}62 \cdot 3{,}77 \cdot 57{,}6 \cdot 10^{-6}\ \text{m/s},$$

iar :

$$135 \cdot 10^{-6}\ \text{m}^3/\text{s} = 0{,}135 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^3/\text{s} = 0{,}135 \cdot 3{,}600 = 0{,}486\ \text{m}^3/\text{h}$$

$$0{,}486\ \text{m}^3/\text{h} = 486\ \text{l/h} = 486\ .\ 0{,}918 = 445\ \text{kg/h}.$$

Rezultă că o singură neetanşeitate foarte fină (0,05 mm interstiţiu) poate introduce în circuit o cantitate de circa 4,5 ori mai mare decît cea admisibilă conform bilanţului de săruri. Cantitatea deosebit de mare de apă infiltrată se datorează, în cazul cercetat, diferenţei mari de presiune disponibilă între spaţiul pentru apă (20 kgf/cm²) şi cel de abur (4,5 kgf/cm²) al boilerului de vîrf, montat pe refularea pompelor de termoficare.


placa tubulară
12,5
+0,2
ϕ24-0,3
2
ϕ28
45°
Şanfrenat
Partea dinspre camera de apă
Curăţit cu peria de sîrmă
a)

Concluzia care se impune este că prin mandrinarea ţevilor în placa tubulară nu se poate asigura etanşeitatea necesară păstrării calităţii impuse a condensatului din circuitul primar. Oricît de bine ar fi executată mandrinarea, nu se va putea evita apariţia în exploatare — la cel puţin o ţeavă — a unui interstiţiu de 0,05 mm, care nici nu poate fi detectat cu mijloacele practice de control.

4. Soluţii de remediere

Pentru condensatoare

Evitarea urmărilor grave ale pătrunderilor prin condensatoare impune ca la centralele cu parametri înalţi să se prevadă demineralizarea integrală a condensatului. În unele cazuri, demineralizarea totală a condensatului este combinată cu măsuri constructive la condensatoare, cum ar fi : prevederea de plăci duble sau împărţirea în compartimente saline şi curate a corpului condensatorului.

Practica exploatării a arătat că prevederea numai a măsurilor constructive menţionate nu rezolvă satisfăcător problema infiltraţiilor şi poate fi admisă numai la centrale cu parametri pînă la 100 ata şi 500°C, cu cazane cu tambur.

La centralele cu parametri superiori sau cu cazane cu străbatere forţată, unica soluţie radicală, în stadiul actual al tehnicii, o constituie demineralizarea totală a condensatului de bază.

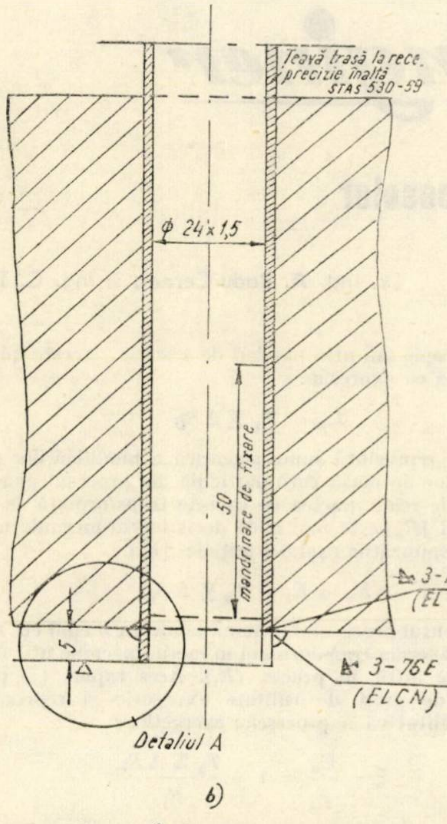
Pentru boilerele de termoficare

Soluţia demineralizării totale nu poate fi aplicată condensatului provenit din boilerele de termoficare, întrucît acesta are temperaturi care depăşesc cu mult valoarea maximă admisă pentru masele schimbătoare de anioni, care, în prezent, este limitată în jur de 70°C.

Soluţia modernă, care asigură o îmbinare perfect etanşă între ţevi şi placa tubulară, constă în folosirea sudurii. În prezent, ţevile boilerelor de termoficare sînt confecţionate din alamă şi, pentru a se putea aplica soluţia de îmbinare prin sudură, acestea trebuie înlocuite cu ţevi de oţel.

Ţevile din alamă au de obicei o grosime a peretelui $s = 1$ mm. Pentru ţevile de oţel se admite $s = 1,5$ mm, atît pentru uşurarea procesului de sudură cît şi datorită faptului că uzinarea ţevilor de oţel, trase la rece, este mai uşoară cu cît grosimea peretelui este mai mare.

Prin această înlocuire, schimbul de căldură se înrăutăţeşte cu maximum 5 %, iar rezistenţa hidraulică creşte cu 5—15 % în


Ţeavă trasă la rece, precizie înaltă STAS 530-59
ϕ 24x1,5
50
mandrinare de fixare
5
3-76E (EL 42 A)
3-76E (ELCN)
Detaliul A
b)

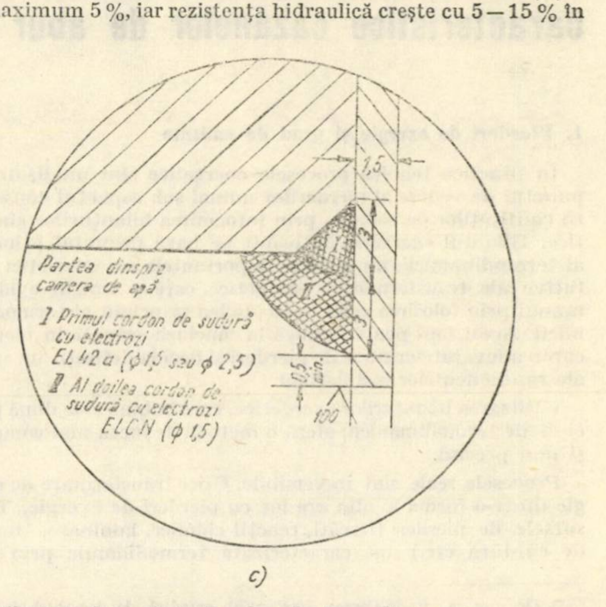

1,5
3
I
II
0,5
100
Partea dinspre camera de apă
I Primul cordon de sudură cu electrozi EL 42 a (ϕ1,5 sau ϕ2,5)
II Al doilea cordon de sudură cu electrozi ELCN (ϕ1,5)
c)

Fig. 1. Îmbinarea prin sudură a ţevilor de oţel în plăcile tubulare ale boilerelor de termoficare :
a – detaliu : pregătire orificiu în placa tubulară ; b – detaliu : prindere ţeavă Ø 24x1,5 în placa tubulară ; c – detaliul A.

funcție de tipul constructiv al boilerului. Deși procentual creșterea rezistenței hidraulice apare destul de mare, în valoare absolută ea nu reprezintă decît 1,0—3,0 m H_2O, ceea ce este absolut admisibil într-un circuit de termoficare, în care pompele de apă fierbinte refulează la 150—200 m H_2O.

Un exemplu de prindere prin sudură a țevilor de oțel în plăcile tubulare ale boilerelor de termoficare este arătat în figura 1.

Operația de îmbinare propriu-zisă începe cu o mandrinare ușoară de fixare a țevilor în ambele plăci. Țevile se mandrinează în așa fel încît să depășească, de fiecare parte, cu 5—6 mm, suprafețele exterioare ale plăcilor tubulare (spre camerele de apă). După aceasta se efectuează operația de sudură în două etape — respectiv două treceri. Primul strat se depune cu electrozi obișnuiți, iar stratul final cu electrozi inoxidabili, pentru a se asigura omogenitatea cusăturii și lipsa de fisuri. Sîrma de sudură se alege cît mai subțire.

Concluzii

1. Pătrunderile de apă brută sau numai dedurizată în condensatoare sau boilere sînt inerente în exploatare, mărimea acestora, chiar în cazurile în care sînt dificil sau chiar imposibil de detectat, aducînd perturbări grave în regimul chimic al cazanelor cu parametri înalți.

2. Pentru îmbunătățirea detectării pătrunderilor, se recomandă măsurarea continuă și înregistrarea conductivității, cu aplicarea obligatorie a corecțiilor pentru alcalii volatile.

3. Pentru eliminarea pericolului datorat pătrunderilor prin neetanșeitățile condensatoarelor, se impune demineralizarea totală a întregului debit de condensat de bază. Această soluție se poate combina și cu măsuri constructive, cum ar fi prevederea de plăci duble sau împărțirea în compartimente saline a condensatoarelor.

4. Pentru evitarea neetanșeităților la boilerele de termoficare, se recomandă înlocuirea îmbinării actuale mandrinate, prin îmbinare cu sudură. În acest scop, țevile de alamă trebuie înlocuite cu țevi de oțel. Modificarea schimbului de căldură și a rezistenței hidraulice se menține în limite admisibile.

5. Din punctul de vedere al mărimii pătrunderilor de apă brută sau numai dedurizată, centralele de termoficare sînt mai dezavantajate decît cele de condensație. Acestea din urmă au două surse de impurificare : condensatoarele și boilerele. În acest caz, puritatea condensatului din circuitul primar nu poate fi asigurată decît printr-o eliminare simultană a cauzelor, adică prin demineralizarea totală a condensatului de bază și prin realizarea îmbinării prin sudură a țevilor cu plăcile tubulare ale boilerelor.

Bibliografie

[1] **Soulié, P.** și **Kolbach, P.** *Etude de retubage de sept réchauffeurs de haute pression en tubes d'acier soudés sur les plaques tubulaires de la centrale de Nantes Chéviré.* Revue Générale de Thermique V (1966), nr. 55, p. 687 – 698.

[2] **Margulova, T. M.** *Primenenie kompleksonov i kompoziții na ih osnove dlea eksplualaționnîh himiceskih ocistok teploenergheticeskovo oborudovaniia.* Teploenerghetika, 12 (1965), nr. 12, p. 38–43.

[3] **Neuberger, G.** *Unele aspecte ale regimului chimic al apei în centrale termoelectrice.* Energetica, 11 (1963), nr. 2, p. 74–77.

[4] **Ivanova, G. M.** și **Nazin, A. G.** *O nekotorîh osobennostiiah konstrukții kotlov davleniem 152 bar.* Teploenerghetika, 13 (1966), nr. 10, p. 30–32.

(Articol intrat în redacție în ianuarie 1967)

Pentru tînărul inginer

Utilizarea calculelor exergetice în studiul proceselor caracteristice cazanelor de abur

Dr. ing. **A. Radu-Cernea** și ing. **C. Trifu***)

1. Pierderi de exergie și grad de calitate

În practica tehnică procesele energetice sînt analizate din punctul de vedere al pierderilor numai sub aspectul conservării cantităților de energie, prin întocmirea bilanțurilor energetice. Bilanțul energetic, întocmit pe baza primului principiu al termodinamicii, nu include importantele caracteristici calitative ale transformărilor energetice, care se scot în evidență numai prin folosirea celui de-al doilea principiu al termodinamicii. Acest fapt poate să ducă la concluzii eronate în identificarea adevăratelor surse de pierderi și deci la definiții incorecte ale randamentelor instalațiilor.

Utilizarea bilanțurilor exergetice, care îmbină cele două principii ale termodinamicii, oferă o metodă de lucru mai completă și mai precisă.

Procesele reale sînt ireversibile. Orice transformare de energie dintr-o formă în alta are loc cu pierderi de exergie. Toate sursele de pierderi (frecări, reacții chimice, laminare, transfer de căldură etc.) sînt caracterizate termodinamic prin creșteri de entropie sau prin pierderi de exergie. Aceste pierderi se calculează cu expresia :

$$E_p = T_0 \sum \Delta S_i, \tag{1}$$

unde $\sum \Delta S_i$ reprezintă suma algebrică a modificărilor entropiei fluxurilor de masă care participă în procesul apă-abur.

În ciclurile reale, partea de exergie transformată în lucru mecanic util $[E_u]$ este mai mică decît lucrul mecanic maxim posibil corespunzător exergiei inițiale $[E_1]$:

$$E_u = E_1 - T_0 \sum \Delta S_i, \tag{2}$$

iar randamentul procesului termodinamic va fi egal cu raportul dintre exergia transformată în lucru mecanic util (E_u) și exergia care intră în proces (E_1). Aces raport (ξ) poartă denumirea de grad de calitate exergetic și reprezintă o apreciere calitativă a proceselor exergetice :

$$\xi = \frac{E_u}{E_1} = 1 - \frac{T_0 \sum \Delta S_i}{E_1}. \tag{3}$$

Fluxul de exergie dintr-un cazan urmează calea : combustibil — gaze de ardere — abur.

---

*) Dr. ing. A. Radu-Cernea este șeful catedrei de termotehnică din Institutul de Petrol, Gaze și Geologie; ing. Constanța Trifu este șef proiect complex la Institutul de studii și proiectări energetice.

Energeticianul trebuie să urmărească micşorarea pierderilor de exergie în fiecare subagregat al cazanului. Suma reducerilor de pierderi reprezintă gradul de ameliorare a instalaţiei. În cele ce urmează ne referim la studiul procesului tehnologic caracteristic la cazanul de abur de 50 t/h.

2. Bilanţul exergetic al cazanului de 50 t/h la parametri înalţi (100 ata, 540 °C)

Cazanul de 50 t/h cu circulaţie naturală la parametri înalţi, 100 ata şi 540°C, provine din recalcularea cazanului de 50 t/h, avînd parametri de 40 ata şi 450°C de către Uzina „Vulcan”.

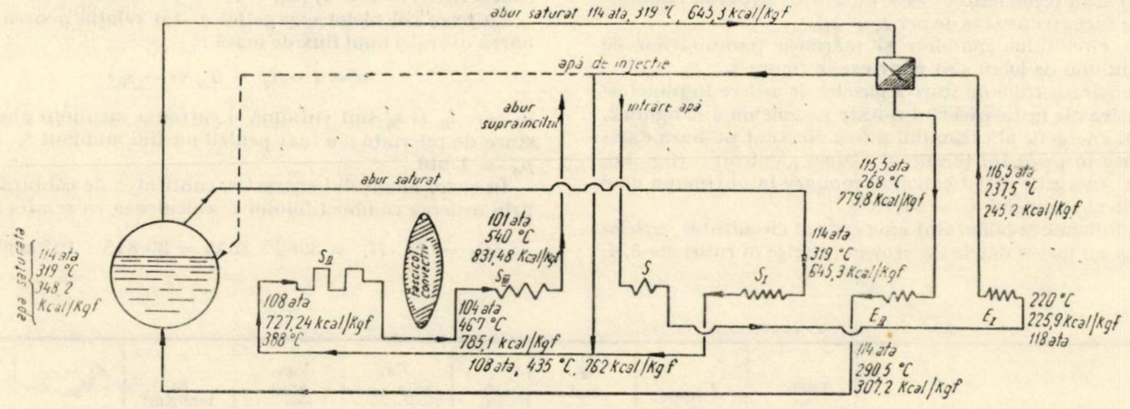

abur saturat 114 ata, 319 °C, 645,3 kcal/Kgf
apă de injecţie
abur supraîncălzit
intrare apă
abur saturat
apă saturată
114 ata
319 °C
348,2 Kcal/Kgf
S_{II}
fascicol convectiv
101 ata
540 °C
831,48 Kcal/Kgf
S_{III}
108 ata
727,24 kcal/Kgf
388 °C
104 ata
467 °C
785,1 kcal/Kgf
108 ata, 435 °C, 762 Kcal/Kgf
S
S_I
115,5 ata
268 °C
279,8 Kcal/Kgf
116,5 ata
237,5 °C
245,2 Kcal/Kgf
114 ata
319 °C
645,3 Kcal/Kgf
E_{II}
E_I
220 °C
225,9 Kcal/Kgf
118 ata
114 ata
290,5 °C
307,2 Kcal/Kgf

Fig. 1. Schema termică a cazanului de 50 t/h şi valorile parametrilor de stare a circuitului apă – abur.

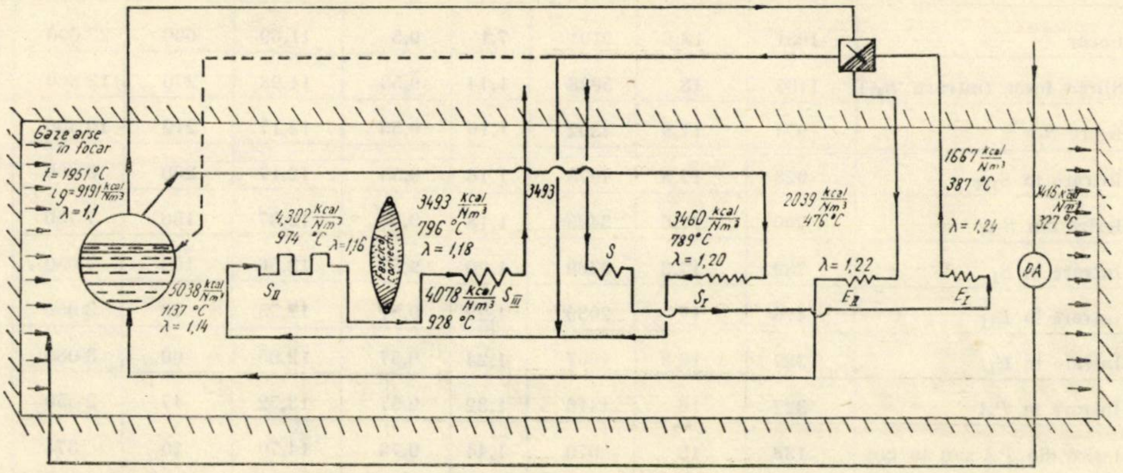

Gaze arse în focar
t = 1951 °C
i_g = 9191 kcal/Nm³
λ = 1,1
4,302 kcal/Nm³
974 °C
λ = 1,16
fascicol convectiv
3493 kcal/Nm³
796 °C
λ = 1,18
3493
S_{II}
5038 kcal/Nm³
1137 °C
λ = 1,14
4078 kcal/Nm³
928 °C
S_{III}
S
3460 kcal/Nm³
789 °C
λ = 1,20
S_I
2039 kcal/Nm³
476 °C
λ = 1,22
E_{II}
1667 kcal/Nm³
387 °C
λ = 1,24
E_I
1415 kcal/Nm³
327 °C
PA

Fig. 2. Schema termică a cazanului de 50 t/h şi valorile parametrilor de stare a circuitului gazelor de ardere.

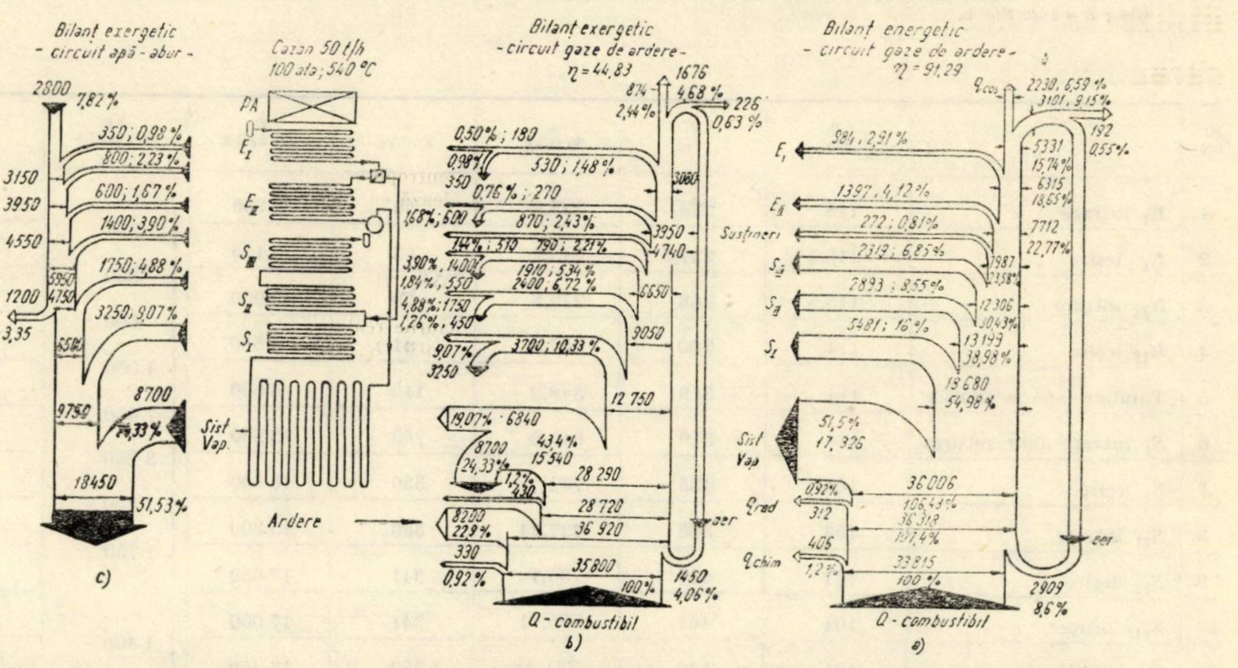

Bilanţ exergetic - circuit apă - abur -
2800
7,82 %
350; 0,98 %
800; 2,23 %
3150
600; 1,67 %
3950
1400; 3,90 %
4550
1750; 4,88 %
5950
4750
1200
-3,35
3250; 9,07 %
6500
8700
9750
24,33 %
18450
51,53 %
c)
Cazan 50 t/h
100 ata; 540 °C
PA
E_I
E_{II}
S_{III}
S_{II}
S_I
Sist. Vap.
Ardere
Bilanţ exergetic - circuit gaze de ardere -
η = 44,83
1676
4,68 %
874
2,44 %
226
0,63 %
0,50 %; 180
0,98 %
350
530; 1,48 %
3080
0,76 %; 270
1,68 %; 600
870; 2,43 %
3950
1,4 %; 510
790; 2,21 %
4740
3,90 %; 1400
1,84 %; 550
1910; 5,34 %
2400; 6,72 %
6650
4,88 %; 1750
1,26 %; 450
9050
3700; 10,33 %
9,07 %
3250
12 750
19,07 % 6840
8700
24,33 %
43,4 %
15 540
1,2 %
430
28 290
28 720
8200
22,9 %
36 920
330
0,92 %
35 800
100 %
1450
4,06 %
aer
Q - combustibil
b)
Bilanţ energetic - circuit gaze de ardere -
η = 91,29
q_{cos}
2230; 6,59 %
3101; 9,15 %
192
0,55 %
E_I
984; 2,91 %
5331
15,74 %
6315
18,65 %
E_{II}
1397; 4,12 %
Susţineri
272; 0,81 %
7712
22,77 %
S_{III}
2319; 6,85 %
7987
23,58 %
S_{II}
2893; 8,55 %
12 306
30,43 %
S_I
5481; 16 %
13 199
38,98 %
18 680
54,98 %
Sist. Vap.
51,5 %
17 326
q_{rad}
0,92 %
312
36 006
106,43 %
36 318
107,4 %
q_{chim}
406
1,2 %
33 815
100 %
aer
2909
8,6 %
Q - combustibil
a)

Fig. 3. Diagrama bilanţului exergetic şi a bilanţului energetic a cazanului de 50 t/h : săgeţile pline reprezintă exergia ; săgeţile goale reprezintă anergia.

Cazanul este calculat în ipoteza funcţionării pe combustibil gazos sau lichid. În calculele de faţă s-a considerat funcţionarea cazanului pe combustibil gazos cu $H_i = 8535$ kcal/Nm^3 şi $H_s = 9520$ kcal/Nm^3. La plină sarcină, cazanul consumă $B = 3962$ Nm^3/h gaz. Temperatura apei de alimentare la intrarea în cazan (economizor) este de 219°C. Arderea combustibilului se face cu un exces de aer $\lambda = 1{,}1$.

Schema circuitului apă-abur şi mărimea parametrilor de stare a fluidului de lucru sînt cuprinse în figura 1.

Valorile parametrilor de stare a gazelor de ardere în punctele caracteristice ale instalaţiei sînt notate pe schema din figura 2.

Bilanţul energetic al cazanului a fost efectuat pe baza datelor cuprinse în proiectul tehnic al Uzinei „Vulcan" (fig. 3*a*).

Bilanţul energetic astfel calculat conduce la obţinerea unui randament al cazanului $\eta_c = 91{,}29\,\%$.

Pentru întocmirea bilanţului exergetic al circuitului gazelor de ardere s-au folosit datele de proiect înscrise în rubricile 3, 4, 5, 6, 7, 8 din tabela 1 şi diagramele exergetice pentru gazele de ardere conform [6], [7], [16].

Bilanţul exergetic al circuitului apă-abur are la bază datele de proiect înscrise în tabela 2, rubricile 3, 4 şi 5. Valorile exergiei fluidului apă-abur în diverse stări s-au luat din diagramele exergetice ($i - e - s$) [6].

La baza calculelor exergetice a stat relaţia pentru determinarea exergiei unui flux de masă :

$$e = i - i_0 - T_0\,(s - s_0) \qquad (4)$$

în care i_0 şi s_0 sînt entalpia şi entropia mediului ambiant. Ca stare de referinţă s-a luat pentru mediul ambiant $t_0 = 15$°C şi $p_0 = 1$ ata.

În cazul bilanţului energetic, cantitatea de căldură degajată prin arderea combustibilului se calculează cu relaţia :

$$Q_f = B\,.\,H_i = 3962\,.\,8535 = 33\,815\,.\,10^3 \text{ kcal/h}. \qquad (5)$$

Tabela 1

Nr. crt.		Temp., °C	V_{H_2O}, %	i_g, kcal/Nm³	λ, %	V_a, Nm³ aer/Nm³ comb.	V_{ga}, Nm³/Nm³	e_g, kcal/Nm³	$E_g = e_g \cdot V_{ga} \cdot B$, 10³·kcal/h	ΔE_g
1	Focar	1951	18,6	9191	7,1	9,5	11,59	600	27 600	14 800
2	Sfîrşit focar (intrare S_{II})	1137	18	5038	1,14	9,53	11,98	270	12 800	2 400
3	Ieşire S_{II}	974	17,8	4302	1,16	9,55	12,17	212	10 400	740
4	Intrare în S_{III}	928	17,8	4078	1,16	9,55	12,17	200	9 660	1 910
5	Ieşire din S_{III}	796	17,6	3493	1,18	9,56	12,37	158	7 750	100
6	Intrare în S_I	789	17,3	3460	1,20	9,57	12,56	153	7 650	3 700
7	Intrare în E_{II}	476	17	2039	1,22	9,57	12,75	78	3 950	870
8	Intrare în E_I	387	16,8	1667	1,24	9,57	12,95	60	3 080	530
9	Intrare în *PA*	327	16	1416	1,32	9,57	13,72	47	2 550	1 676
10	Ieşire din *PA* sau la coş	138	15	670	1,44	9,78	14,70	15	874	

Obs.; $B = 3\,962$ Nm^3/h,

Tabela 2

Nr. crt.		P, ata	t, °C	i, kcal/kg	e, kcal/kg	E, 10³ kcal/h	ΔE, 10³ kcal/h	E, %
1	E_I intrare	118	220	225,9	56	2 800	350	7,82
2	E_I ieşire	116,5	237,5	245,2	63	3 150	800	0,98
3	E_{II} intrare	115,5	268	279,8	79	3 950	600	2,23
4	E_{II} ieşire	114	290	307,2	91	4 550	1 050	1,67
5	Tambur (apă saturată)	114	319	348,2	112	5 600	7 650	2,93
6	S_I intrare abur saturat	114	319	645,3	265	13 250	3 250	21,4
7	S_I ieşire	108	435	762	330	16 500	1 200	9,07
8	S_{II} intrare	108	388	727,24	306	15 300	1 750	−3,53
9	S_{II} ieşire	104	467	785,1	341	17 050		4,88
10	S_{III} intrare	104	467	785, 1	341	17 050	1 400	3,90
11	S_{III} ieşire	101	540	831,48	369	18 450		51,53

Obs.: $E = e \times Dab$ (50 t/h)

Pentru bilanţul exergetic se ia în consideraţie puterea calorifică superioară a combustibilului (H_s), întrucît diagramele exergetice sînt prevăzute cu corecţii privind exergia vaporilor de apă rezultaţi din arderea combustibilului.

Exergia specifică a combustibilului se calculează [8] cu formula simplificată :

$$e_c = 0{,}95\, H_s\,;$$
$$e_c = 0{,}95 \cdot 9520 = 9050 \text{ kcal/Nm}^3. \qquad (6)$$

Exergia totală a combustibilului este :

$$\dot{E}_c = B \cdot e_c\,;$$
$$\dot{E}_c = 3962 \cdot 9050 = 35\,800 \cdot 10^3 \text{ kcal/h}. \qquad (7)$$

Volumul de aer necesar arderii unui Nm³ de gaz s-a calculat în funcţie de coeficientul mediu al excesului de aer :

$$V_a = V_{amin} \cdot \lambda_{med} = 9{,}49 \cdot 1{,}15 = 10{,}9 \text{Nm}^3 \text{ aer/Nm}^3 \text{ combustibil}, \qquad (8)$$

cantitatea totală de aer fiind :

$$V_{at} = V_a \cdot B = 10{,}9 \cdot 3962 = 43\,200 \text{ Nm}^3\text{/h}. \qquad (9)$$

Din diagrama dată în [8] se determină exergia specifică a aerului în funcţie de temperatura acestuia la intrarea şi ieşirea din preîncălzitorul de aer :

$$e_a = e_2 - e_1 \qquad (10)$$

Exergia totală a aerului va fi deci :

$$\dot{E}_a = e_a \cdot V_{at} = 43\,200 \cdot 33{,}8 = 1450 \cdot 10^3 \text{ kcal/h}. \qquad (11)$$

Bilanţul exergetic pune în evidenţă cele două mari categorii de pierderi : pierderi prin ireversibilitatea arderii (22,9 %) şi pierderi prin suprafeţele de schimb (25 %). Celelalte pierderi care se iau în consideraţie şi la bilanţul energetic (q_{rad}, q_{chim}, $q_{coş}$) sînt neînsemnate în comparaţie cu pierderile datorită ireversibilităţii arderii şi schimbului de căldură.

Bilanţul exergetic al circuitului gazelor de ardere conduce la un randament exergetic de 44,83 %.

Bilanţul exergetic al ciruitului apă-abur întocmit după datele din tabela 2 conduce la un randament de 51,53 %, deci mai mare decît cel rezultat pe circuitul gazelor de ardere, diferenţa provenind din aportul de căldură al apei de alimentare. Randamentul efectiv exergetic este egal cu 44,83 %, întrucît acesta se raportează la căldura primită de fluidul apă-abur în cazan.

Diferenţa dintre exergia gazelor de ardere şi exergia fluidului apă-abur în diferite puncte din cazan o constituie anergia — pierderea de exergie (tabela 3).

Concluzii

Calculele exergetice pun în evidenţă că în cazan au loc pierderi substanţiale, randamentul exergetic fiind numai de 44,83 %, în comparaţie cu randamentul energetic de 91,29 %.

Deoarece principalele pierderi de exergie se datoresc ireversibilităţii arderii şi ireversibilităţii schimbului de căldură, este firesc ca încercările de mărire a randamentului exergetic să fie îndreptate spre micşorarea categoriilor de pierderi menţionate.

Pierderile de exergie pentru fiecare caz în parte se pot exprima prin relaţiile :

$$E_{p_{ardere}} = T_0 \Delta S_{ardere}\,; \qquad (12)$$

$$E_{p_{sch\,căld}} = T_0 \Delta S_{sch\,căld}. \qquad (13)$$

Din expresiile (12) şi (13) rezultă că, la o temperatură constantă a mediului ambiant T_0, pierderile de exergie sînt proporţionale cu variaţiile de entropie ale procesului respectiv.

Reprezentarea procesului în diagrama *i-s* dă posibilitatea ilustrării modalităţilor de reducere a acestor pierderi.

Se trasează în diagrama *i-s* (fig. 4) izobara produselor rezultate din ardere, raportată la 1 Nm³ de combustibil

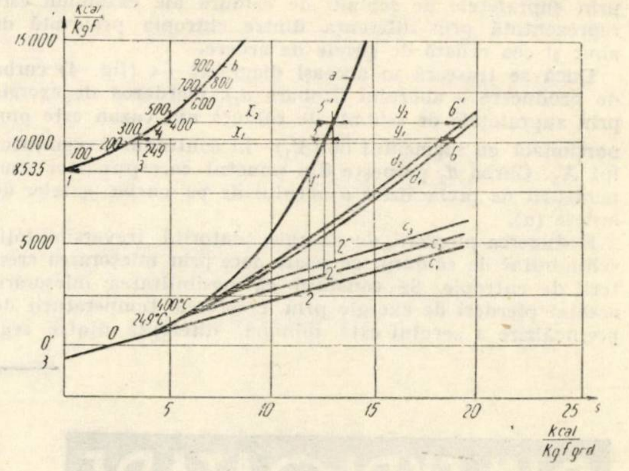


Fig. 4.

Tabela 3

Nr. crt.		Exergia gazelor arse kcal/h	Exergia gazelor arse %	Exergia aburului kcal/h	Exergia aburului %	Anergia kcal/h	Anergia %
1	Sistemul de vaporizare	15 540	43,4	8 700	24,3	6 840	19,1
2	S_I (Supraîncălzitor de abur-treapta I)	3 700	10,33	3 250	9,07	450	1,26
3	S_{II} (Supraîncălzitor de abur-treapta II)	2 400	6,72	1 750	4,9	650	1,82
4	S_{III} (Supraîncălzitor de abur-treapta III)	1 910	5,34	1 400	3,91	510	1,43
5	E_I (Economizor de apă-treapta I)	530	1,48	350	0,98	180	0,50
6	E_{II} (Economizor de apă-treapta II)	870	2,43	600	1,68	270	0,75
7	*PA* (Preîncălzitor de aer)	1 676	4,68	1 450	4,05	226	0,63

Observaţii : Datele sînt raportate la exergia combustibilului : E_c = 35800.10³ kcal/h.

gazos (*a*). Originea entalpiei se ia la temperatura ambiantă T_0 (punctul 0), în timp ce entropiile sînt cele absolute. Se construiește și izobara aerului supraîncălzit (*b*) pornind din punctul corespunzător puterii calorifice inferioare a combustibilului. Ducînd tangenta în punctul 0 la izobara *a*, se obține dreapta mediului ambiant c_1 (*5*).

Considerînd arderea combustibilului ca un proces adiabatic, la ieșirea din focar produsele de ardere au starea reprezentată prin punctul *1'* pe curba *a*, în cazul procesului fără preîncălzirea aerului. În această situație, exergia produselor rezultate din ardere este reprezentată prin segmentul $\overline{1'2}$, iar variația de entropie în procesul de ardere prin segmentul $\overline{1\,1'}$.

Din diagramă rezultă evident că o dată cu preîncălzirea aerului la temperatura de 249°C (cazul de față) exergia gazelor de ardere crește pînă la valoarea $\overline{2'5}$, în timp ce variația de entropie proporțională cu pierderea de exergie scade, reducîndu-se la segmentul $\overline{35}$ (X_1). Creșterea temperaturii de preîncălzire conduce în continuare la micșorarea diferenței de entropie, implicit la micșorarea pierderii de exergie (X_2); la temperatura de 400°C, aceasta corespunde segmentului $\overline{45'}$.

O a doua categorie de pierderi de proporții mari este cauzată de schimbul de căldură.

Creșterea ireversibilă de entropie la transferul de căldură prin suprafețele de schimb de căldură ale cazanului este reprezentată prin diferența dintre entropia prelevată de abur și cea cedată de gazele de ardere.

Dacă se trasează în aceeași diagramă *i-s* (fig. 4) curba de producere a aburului (izobara d_1), pierderea de exergie prin suprafețele de schimb de căldură din cazan este proporțională cu segmentul $\overline{56}$ (Y_1)—în continuarea segmentului X_1. Curba d_1 pornește din punctul corespunzător temperaturii de preîncălzire a aerului de pe curba gazelor de ardere (*a*).

Reducerea pierderii de exergie, datorită ireversibilității schimbului de căldură, se poate face prin micșorarea creșterii de entropie. Se constată că posibilitatea micșorării acestei pierderi de exergie prin creșterea temperaturii de preîncălzire a aerului este minimă, diferența dintre segmentul Y_2 și Y_1 fiind neînsemnată. Există însă posibilități de micșorare a pierderilor de exergie prin suprafețele de schimb de căldură, unele cunoscute, ca: micșorarea diferenței de temperatură între temperatura gazelor de ardere și temperatura aburului (prin mărirea parametrilor aburului), apoi prin perfecționarea suprafețelor schimbătoarelor de căldură etc.

Trebuie accentuat faptul că importanța calculelor exergetice, în cazul de față, constă în aceea că se scoate în evidență locul de apariție a pierderilor și mărimea acestora, indicîndu-se în același timp direcția spre care trebuie îndreptate studiile și cercetările pentru micșorarea pierderilor, pentru îmbunătățirea randamentului exergetic al cazanului.

Bibliografie

[1] **Rant, Z.** *Exergie, ein neues Wort für technische Arbeitsfähigkeit.* Forschung Ing. Wes. 22 (1956), nr. 1.

[2] **Baehr, H.D.** *Energie, Exergie, Anergie.* Energie und Exergie. Düsseldorf, VDI-Verlag, 1965.

[3] **Grassmann, P.** *Energie und Exergie.* BWK 13 (1961), nr 11.

[4] **Baehr, H.D.** *Definition und Berechnung von Exergie und Anergie.* BWK 17 (1965), nr. 1.

[5] **Fratzscher, W.** *Die Bedeutung und Bestimmung des Ungebungszustands für exergetische Untersuchungen.* BWK 17 (1965), nr. 7.

[6] **Rant, Z.** *Exergie-Diagrame für Wasser-dampf.* BWK 12 (1960), nr. 7.

[7] **Rant, Z.** *Die Heiztechnik und der zweite Hauptsatz der Thermodynamik.* Gas-Wärme 12 (1963), nr. 8.

[8] **Rant, Z.** *Zur Bestimmung der spezifischen Exergie von Brennstoffen.* Allgemeine Wärmetechnik 10 (1961), nr. 9.

[9] **Bosnjakovici, F.** *Technische Thermodynamik*, vol. II. Dresden-Leipzig, 1960.

[10] **Andreev, L. P.** și **Kostenko, G. N.** *Ehsergheticeskie harakteristiki efektivnost teploobmenih aparatov.* Izverstiia vîsșih ucebnîh zavedenii. Energhetika (1965), nr. 3.

[11] **Rugener, H.** *Anwendung des Exergiebegriffs auf den Dampfkraftprozess.* Elektrizitätswirtschaft 60 (1965), nr. 4.

[12] **Zell, D.** *Anwendung des thermischen Wirkungsgrads durch geanderte Betriebsbedingungen bei Wärme-kraftprozessen.* *BWK* 16 (1964), nr. 3.

[13] **Cavallini, A.** *L'impiego della funzione exergia nello studia degli impianti a vapore.* La Termotecnica 19 (1965), nr. 6.

[14] **Szargut, I. Styrylska** *Angenaherte Bestimmung der Exergie von Brennstoffen.* BWK 16 (1964), nr. 12.

[15] **Weingartner, W.** *Exergiebetrachtung des Dampfkraftprozesses zur Kostenaufteilung bei der Wärme.* BWK 17 (1965), nr. 7.

[16] **Rant, Z.** *Der Einfluss der Luftvorwärmung auf die Nichtumkehrbarkeiten der Verbrennung.* BWK 13 (1961), nr. 11.

[17] **Fratzscher, W.** *Zum Begriff des exergetischen Wirkungsgrades.* BWK 13 (1961), nr. 11.

(Articol intrat în redacție la 24 ianuarie 1967)

DIN EXPLOATARE

Protecția de distanță în rețelele electrice de medie tensiune

Ing. A. Pantea și ing. T. Stoichițescu*)

În rețelele electrice de medie tensiune, problema protecției prin relee este strîns legată de gradul de complexitate al rețelei, de numărul și puterea surselor, precum și de importanța consumatorilor pe care îi alimentează. Pe măsură ce industria și agricultura se dezvoltă și consumul de energie electrică crește, rețelele electrice de medie tensiune devin din ce în ce mai complexe, astfel că trebuie revăzută și protecția prin relee în aceste rețele.

În lucrarea de față se face o succintă trecere în revistă a protecției prin relee în rețelele de medie tensiune, o scurtă analiză a protecției rețelelor cu o configurație complexă și se tratează un caz concret de rețea complexă unde s-a aplicat pe linii protecția de distanță.

În rețelele radiale de medie tensiune se desprind două direcții în ceea ce privește protecțiile și tipurile de relee folosite:

a) Utilizarea unei protecții maximale de curent rapidă sau temporizată, cu relee cu caracteristică independentă, sau ambele combinate cu reanclanșare automată rapidă (RAR) sau lentă (RAL) și uneori cu „numără treceri”, ca în figurile 1, 2 și 3

În cazul cînd pe linii a avut loc un scurtcircuit trecător sau defectul s-a produs în unul din transformatoarele deconectate prin secționare, linia rămîne în funcțiune prin RAR. Dacă defectul este persistent, se deconectează prin protecțiile maximale de curent temporizate partea defectă, ca în figura 1 [1].

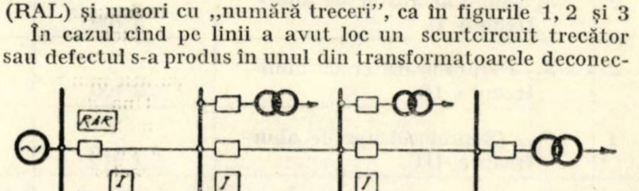


Fig. 1. Protecție maximală de curent cu accelerare pînă la reanclanșarea automată rapidă (RAR).

În situația din figura 2, scurtcircuitele se elimină prin secționări instantanee, care cuprind întreaga lungime a porțiunilor protejate plus o rezervă. Aici funcționarea neselectivă, la scurtcircuite în sectoarele vecine, este corectată de dispozitivele RAR, care anclanșează pe rînd liniile în ordinea inversă [1].

---

*) Ing. A. Pantea este adjunct șef de secție PRAM la Întreprinderea regională de electricitate Ploiești; ing. Traian Stoichițescu este șeful serviciului tehnic din aceeași întreprindere.

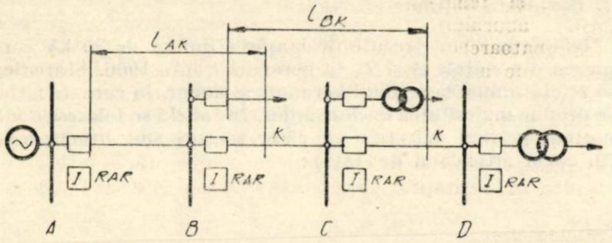


Fig. 2. Protecție maximală de curent cu reanclanșarea automată rapidă repetată (RARR).

În figura 3, întrerupătorul din A declanșează la orice defect și execută consecutiv RAR sau RAR + RAL, iar întrerupătoarele din B, respectiv C declanșează la menținerea defectului, numărînd trecerile de defect [2] — pauza de RAR se reglează de obicei la 0,3″, iar cea de RAL la 15″.

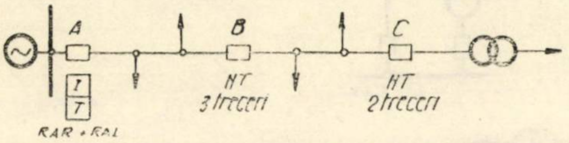


Fig. 3. Protecție maximală de curent cu RAR și RAL și NT (numără treceri).

b) Utilizarea unei protecții maximale temporizate cu caracteristică dependentă de tip „inversă”, „foarte inversă” și „extrainversă”, combinată cu RAR [3], [4].

În rețelele cu alimentare de la ambele capete, protecțiile prin relee folosite sînt de obicei aceleași ca la liniile radiale: maximală de curent temporizată, realizată cu relee cu caracteristică dependentă sau independentă, și maximală rapidă, completată, după caz, cu blocaj direcțional, cu protecție diferențială longitudinală etc.

1. Protecția prin relee în rețelele cu o configurație complexă

Creșterea consumului de energie electrică determină într-o anumită zonă, legat de numărul și importanța consumatorilor ce apar, duble alimentări, buclări în rețea, deci creșterea complexității rețelei. Într-o asemenea rețea, datorită configurațiilor care se pot crea și surselor puternice, regimul curenților de scurtcircuit este foarte variabil, iar puterile de scurcircuit sînt mari.

În cele ce urmează se analizează în ce măsură o protecție maximală direcțională (fig. 4) elimină rapid și fără urmări defectele de pe liniile dintr-o asemenea rețea.

Protecția maximală de curent realizată cu relee cu caracteristică independentă are dezavantajul că, tocmai în apropierea surselor, unde defectele sînt însoțite de valori mari ale curenților de scurtcircuit, impune temporizări mari [5] — deci contrariul a ceea ce urmărim, deconectarea cu atît mai rapidă cu cît curentul de scurtcircuit este mai mare. Una dintre soluții ar fi, în acest caz, folosirea protecției maximale de curent cu caracteristică dependentă sau completarea cu o treaptă rapidă (tăiere de curent rapidă) cu relee cu caracteristică independentă.

Protecțiile maximale cu caracteristică dependentă nu au însă decît o utilizare restrînsă, deoarece sînt mai complicate decît cele cu caracteristică independentă, iar valoarea curentului de scurtcircuit depinde de regimul de funcționare a sistemului, precum și de valoarea rezistenței de trecere, la defectele prin arc. Deci timpul de eliminare a unui defect dintr-un anumit punct se modifică funcție de factorii indicați [5].

Tăierea de curent rapidă poate fi folosită în rețele radiale sau complexe, cu condiția ca regimul de funcționare a liniei să nu se modifice mult. Cînd regimul de funcționare a liniei — funcție de configurația rețelei — este foarte variat, această protecție cuprinde o porțiune foarte mică din linie la defecte, așa că instalarea ei nu este justificată [6].

Din cele arătate rezultă că protecțiile maximale temporizate cu caracteristică independentă, cu caracteristică dependentă și protecția maximală rapidă au avantaje și dezavantaje specifice, care determină folosirea lor în funcție de condițiile concrete ale rețelei.

Pentru liniile de medie tensiune din rețelele complexe sau buclate cu mai multe surse de alimentare, se utilizează ca protecții de bază protecțiile de distanță cu elemente de pornire pe bază de curent. În cazul unei sensibilități insuficiente a elementelor de pornire pe bază de curent, pentru aceeași protecție se întrebuințează elemente de impedanță [1].

2. Protecție de distanță pe linii de 25 kV

În cadrul IRE Ploiești există rețele de medie tensiune de 25 kV, ale căror linii sînt de interconexiune, transport și distribuție a energiei electrice, prin care se alimentează consumatori de categoria I-a. Curenții de scurtcircuit din aceste rețele (fig. 4) variază mult în diferite configurații și au valori mari, în special în zona stațiilor A și B, așa cum rezultă din tabela 1.

Tabela 1

Valorile curenților de scurtcircuit în regim maxim și regim minim în stațiile A și B

Nr. crt.	Stația și bara	Curentul de scurtcircuit, kA		Observații
		în regim maxim	în regim minim	
1	A — bara I+II 25kV	16,2 — 13,8	12 — 10	Cupla între bare închisă
2	A — bara I 25 kV	7,4 — 6,8	6,2 — 5	Se funcționează pe bare separate
3	A — bara II 25 kV	8,8 — 7	6,2 — 5	Idem
4	B — bara 25 kV	7 — 4,8	sub 3,5	

Liniile de 25 kV care pleacă din stațiile A și B au fost echipate pînă în anul 1964 cu protecții maximale temporizate cu caracteristică independentă (excepția LEA 5 prevăzută cu protecție de distanță), reglate ca intensitate între 350 și 450 A, iar ca timp 1,3″, 2″, 2,7″ și 3,4″, după cum funcționau radial sau interconectat, majoritatea fiind prevăzute și cu RAR electric.

Se constată că timpii de declanșare cu valorile cele mai mari sînt tocmai în zona cu curenți de scurtcircuit ridicați, zona stațiilor A și B. Ca urmare, în cazul defectelor datorite descărcărilor atmosferice sau altor cauze, din cauza efectului termic al curentului de scurtcircuit s-au deteriorat: utilaje din posturile de transformare, izolatoare și s-au rupt conductoare de pe linii, iar eficacitatea RAR a fost mică, multe defecte fiind permanente.

În urma unui studiu a rezultat ca indicată protecția de distanță pe liniile care pleacă din stațiile A și B, protecție care s-a și realizat pînă în una decembrie 1964 în stația A și pînă în luna februarie 1965, în stația B. Releele de distanță folosite sînt RD 7 și RD7 + de tipul SI_0X (pornire prin supracurent).

Liniile, în afară de $L3$ și $L5$, au racordate posturi și stații cu puteri instalate variind între 50 și 6000 kVA, iar unele posturi au întrerupătoarele de 25 kV depășite ca putere de rupere.

În această situație, protecția de distanță de pe linii trebuie să aibă treapta rapidă suprimată (excepție făcînd $L3$ și $L5$) pentru a fi selectivă față de protecțiile posturilor și stațiilor racordate din linii, urmînd să se folosească, ca primă treaptă, treapta II, reglată la 0,5″ ca timp și la 80 % din lungimea liniei ca impedanță. În practică, după ce s-au coborît la 0" timpii protecţiilor maximale în posturile şi staţiile racordate din linii, nu s-a suprimat treapta rapidă a protecţiei de distanţă, din următoarele motive :

— se reduce la minimum efectul termic al curenţilor de scurtcircuit ;

— intrarea în posturi şi staţii este protejată prin descărcătoare (DRV sau DT), iar distanţa dintre întrerupătorul de 25 kV şi transformatoare este mică, aşa că posibilitatea apariţiei unei avarii în această zonă este puţin probabilă ;

— chiar în cazul unei avarii în zona întrerupătorului 25 kV transformator, se avariază de cele mai multe ori întrerupătorul depăşit ca putere de rupere şi izolatoarele cabinei acestuia, defectele în transformator fiind de obicei scoase în afara treptei I, aşa că eficacitatea întrerupătorului de 25 kV este foarte mică pentru această zonă.

3. Rezultate obţinute

În tabela 2 sînt trecute declanşările liniilor de 25 kV care pleacă din staţiile *A* şi *B*, în perioada 1963—1966. Statistica se referă numai la sezonul keraunic al anilor, în care de altfel se produc majoritatea declanşărilor. În tabelă se folosesc două noţiuni privind defectele ale căror sensuri sînt următoarele (în cazul articolului de faţă) :

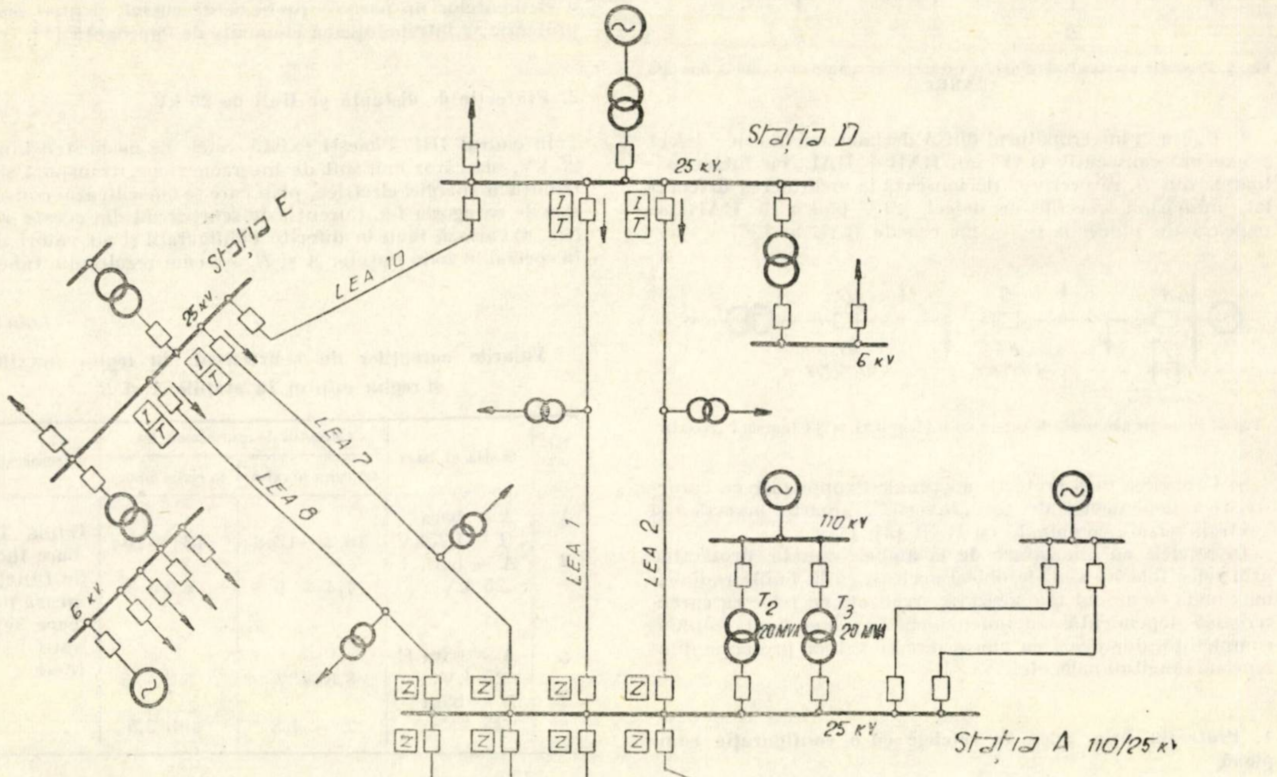

Stația E
25 kV
LEA 10
LEA 7
LEA 8
6 kV
Stația D
25 kV
6 kV
LEA 1
LEA 2
110 kV
T2
20 MVA
T3
20 MVA
25 kV
Stația A 110/25 kV
LEA 3
LEA 4
Stația C
LEA 6
LEA 5
LEA 4
Stația B
25 kV
10 kV
LEA 9
I/T
Z

Fig. 4. Schema reţelei de 25 kV din zona staţiilor *A* şi *B* în anul 1965.

Tabela 2

Declanșările liniilor de 25 kV ce pleacă din stațiile A și B datorite descărcărilor atmosferice în perioada 1963—1966

Nr. crt.	Linia	Nivelul de izolație a liniei	Perioada	Tipul protecției prin relee	Nr. de declanșări	Starea RAR	Funcționarea RAR		Felul defectului în cazul RAR nereușit și RAR anulat	Observații
							reușit	nereușit		
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	LEA 1	— stîlpi din metal — fără conductor de protecție — 3 K3	1963—1964	Maximală de curent temporizată (tip I)	27	De 2 ori anulat	20	5	4 defecte permanente 3 defecte semipermanente	
			1965—1966	Distanță RD 7 (tip II)	9	În funcțiune permanent	6	3	1 defect permanent 2 defecte semipermanente	Prizele de pămînt îmbunătățite
2	LEA 2	Idem	1963—1964	Tip I	31	Anulat 6 ori	22	3	6 defecte permanente 3 defecte semipermanente	
			1965—1966	Tip II	28	Anulat o dată	21	6	7 defecte semipermanente	
3	LEA 3	— stîlpi din metal — cu conductor de protecție — 2 VK 75	1963—1964	Tip I	6	Nu are	—	—	3 defecte permanente 3 defecte semipermanente	Izolație 60 kV
			1965—1966	Tip II	—	Nu are	—	—	—	Idem
4	LEA 4	— stîlpi din metal — fără conductor de protecție — 2 VK 1 HD 25	1963—1964	Tip I	27	Anulat	2	1	8 defecte permanente 17 defecte semipermanente	
			1965—1966	Tip II	6	Anulat 5	—	1	2 defecte permanente 4 defecte semipermanente	
5	LEA 5	— stîlpi din metal — fără conductor de protecție — 3 K 3 și stîlpi din lemn cu conductor de protecție — Δ-35	1963—1964	Tip I	7	În funcțiune permanentă	6	1	1 defect permanent	
			1965—1966	Tip II	11	Idem	11	—	—	
6	LEA 7	— stîlpi din lemn — cu conductor de protecție — 3 K 3	1963—1964	Tip I	29	Anulat	20	8	8 defect permanente 1 defect semipermanent	
			1965—1966	Tip II	11	Idem	9	2	2 defecte permanente	
7	LEA 8	— stîlpi din lemn — cu conductor de protecție pe 60 % din lungime — 2 IC-170	1963—1964	Tip I	15	În funcțiune	12	3	3 defecte permanente	
			1965—1966	Tip II	19	Anulat	14	2	1 defect permanent 4 defecte semipermanente	
8	LEA 9	— stîlpi din metal — fără conductor de protecție — HD și VHD 25	1963—1964	Tip I	11	În funcțiune	8	3	3 defecte permanente	
			1965—1966	Tip II	11	Anulat 11	—	—	2 defecte permanente 9 defecte semipermanente	
TOTAL LINII			1963—1964	Tip I	153	Anulat 39	90	24	36 defecte permanente 27 defecte semipermanente	
			1965—1966	Tip II	95	Anulat 21	61	11	8 defecte permanente 26 defecte semipermanente	

— *prin defect permanent* se înțelege o avarie a liniei care nu a mai putut fi pusă sub tensiune decît după izolarea defectului sau repararea liniei;

— *prin defect semipermanent* se înțelege o declanșare a liniei care nu a dus la scoaterea ei definitivă de sub tensiune, fiind repusă după o perioadă scurtă, de ordinul 1—3 minute, pauză necesară personalului de exploatare pentru conectarea întrerupătoarelor. În această categorie intră și declanșările liniilor fără RAR sau cu RAR anulat, cînd defectul nu a fost permanent. Statistica prezentată arată eficacitatea deosebită a protecției de distanță prin reducerea numărului de defecte permanente.

La o lungime a liniilor în cauză de 250 km se înregistrează următorii indici specifici:

— în perioada 1963—64: 15 defecte permanente/100 km și an,

— în perioada 1965—66: 3,2 defecte permanente/100 km și an, ceea ce arată că numărul de defecte permanente a scăzut de circa 5 ori, iar ruperi de conductoare și distrugeri de izolatoare apărînd foarte rar.

Dacă se ține seamă de indicii keraunici diferiți (26 în anii 1963—1964, față de 23 în 1965—1966), raportînd numărul de defecte permanente la numărul total al declanșărilor, rezultă următorii indici:

$$1963 - 1964 :/K_1 = \frac{36}{153} = 0{,}24;$$

$$1965 - 1966 :/K_2 = \frac{8}{95} = 0{,}085.$$

Dacă defectele semipermanente le asimilăm cu declanșările cu RAR reușit, în ipoteza existenței dispozitivului de RAR pe toate liniile, acești indici conduc la eficacitatea RAR:

1963—1964: 76 %;

1965—1966: 91,5 %.

Din examinarea timpilor de lucru ai protecției de distanță în anii 1965—1966 rezultă că 85 % din declanșări au fost date în treapta I, adică protecția a lucrat rapid, iar 15 % din declanșări au fost date în treapta II. În treptele III și IV nu au avut loc declanșări.

Concluzii

1) Experiența IRE Ploiești confirmă prevederile prescripțiilor de protecție împotriva supratensiunilor care indică protecția rapidă ca mijloc de eliminare a scurtcircuitelor provocate de conturnarea izolației la supratensiunile de impuls date de descărcările atmosferice. Numărul de defecte permanente constînd în ruperi de conductoare și distrugeri ale izolatoarelor a scăzut în perioada 1965—1966 la 20 % din numărul corespunzător anilor 1963—1964.

2) În rețelele de medie tensiune cu o configurație complexă cu curenți mari de scurtcircuit, rezultă ca indicată folosirea protecției de distanță realizată cu relee cu trei trepte.

3) Asimilarea de către IRME București a unui releu de distanță cu trei trepte, cu pornire prin supracurent, se consideră ca foarte indicată, asigurîndu-se astfel o protecție prin relee eficace a liniilor de medie tensiune cu o configurație complexă.

Bibliografie

[1] Fedoseev, A. M. *Protecția prin relee a sistemelor electrice.* Editura Energetică de Stat, București, 1955.

[2] Electricité de France. *La protection des réseaux aériens à moyenne tension.* Circulara NI H 75-1958.

[3] AIEE Comitee Report. *Recent practices and trends in protective relaying.* Power Apparatus and Systems, nr. 46, febr. 1960.

[4] Johnson, W. H. și Meler, T. J. *Distribution circuit protection for the American Electric Power Company system.* Power Apparatus and Systems nr. 46, febr. 1960.

[5] Călin, S. și Marcu, S. *Protecția prin relee a sistemelor electrice*, Editura Tehnică, București, 1965.

[6] Badea, I., Broșteanu, Gh., Chenzbraun, I. și Columbeanu, P. *Protecția și automatizarea sistemelor electrice.* Editura Tehnică, București, 1963.

(Articol intrat în redacție la 20 martie 1967)

CRONICĂ

Cea de-a XXXII-a Reuniune generală a Comisiei Electrotehnice Internaționale

— Praga, iulie 1967 —

Comisia Electrotehnică Internațională — C.E.I. — înființată în anul 1906 în vederea stabilirii unor nomenclatoare și norme internaționale în domeniul electrotehnicii, este cea mai veche organizație internațională de acest fel. Datorită unei bogate și binecunoscute activități, concretizată sub forma a numeroase publicații cuprinzînd nomenclaturi, norme de fabricație, încercări, definiții, simboluri, C.E.I. constituie în prezent forul tehnic suprem pe plan internațional unanim recunoscut.

Aceasta a făcut ca, pe de o parte, lucrările comisiei să se diversifice, în prezent existînd 60 de comitete de lucru cu diverse subcomitete, iar pe de altă parte activitățile respective să prezinte un interes tot mai mare, manifestat prin numărul mare (40) de țări membre și de participanți la reuniunile generale.

În 1967, lucrările au avut loc la Praga în intervalul 10—25 iulie. Au participat circa 800 delegați din 30 de țări membre ale C.E.I. În afară de aceștia au participat delegați și de la alte organizații internaționale direct interesate în activitățile CEI, și anume: Organizația Internațională de Standardizare (ISO), Organizația Internațională de Metodologie Legală (OIML), Uniunea Internațională a Căilor Ferate (UIC), Organizația Internațională de Radio și Televiziune (OIRT), Organizația Internațională a Utilizatorilor de Bunuri de Consum (IOCU). Lucrările s-au desfășurat sub conducerea acad. prof. Remus Răduleț, președintele CEI, în cadrul a 18 Comitete tehnice (CT) și a 21 subcomitete (SC). Cu această ocazie s-au definitivat 60 de proiecte de recomandări și s-au discutat încă alte 80 de proiecte ce se vor definitiva ulterior. Discuțiile s-au referit la următoarele probleme mai importante:

— Tensiuni și curenți normali. Frecvențe normale (CT 8).

— Echipament de tracțiune electrică (CT 9).

— Aparate de măsurat (CT 13).

— Mărimi și unități electrice și magnetice (CT 24).

— Simboluri literale şi semne (CT 25).
— Siguranţe fuzibile (CT 32).
— Condensatoare de putere (CT 33).
— Izolatoare (CT 36)
— Echipament electric pentru maşini-unelte (CT 44).
— Performanţele aparatelor electrocasnice (CT 59).

Deşi lista problemelor şi a hotărîrilor mai importante discutate cu această ocazie este foarte bogată, totuşi, în cele de mai jos se vor prezenta pe scurt numai acele probleme care prezintă un interes deosebit în energetică.

Astfel, în cadrul Comitetului tehnic nr. 8 — Tensiuni şi curenţi normali. Frecvenţe normale — principalele discuţii s-au axat pe trecerea în revistă a publicaţiei nr. 38 „Tensiuni normale”, apărută recent în cea de-a patra ediţie. Această ediţie, ca şi cele anterioare, a marcat ascendent tendinţa de reducere a numărului de tensiuni normale, atît în seria valorilor sub 1000 V cît şi cea a valorilor peste 1000 V. Răspunzînd unei dorinţe unanime de a restrînge şi mai mult valorile tensiunilor normale, în scopul simplificării fabricaţiei echipamentelor, al schimbului de echipamente şi pentru a veni astfel în sprijinul ţărilor mai puţin dezvoltate, discuţiile s-au axat pe felul în care trebuie efectuate viitoarele lucrări.

În acest scop s-a stabilit ca printr-o serie de studii şi măsurători în cadrul fiecărei ţări să se determine nivelul, situaţia şi necesităţile proprii privind treptele de tensiuni normale. În acest sens merită a se arăta rezultatele unor măsurători ample efectuate de R.F. a Germaniei în reţelele de distribuţie de 380/220 V. Conform acestor măsurători a rezultat că tensiunea medie este de circa 233 V, faţă de o tensiune nominală de 220 V.

În cazul în care acest lucru se va constata şi în alte ţări, atunci, de exemplu, ar exista o posibilitate de unificare cu tensiunea de 240 V, prevăzută în seria valorilor americane. Rezultatele unor asemenea anchete, coordonate pe plan internaţional, ar prezenta interes şi pentru constructorii de aparataj, în măsura în care tensiunea medie (în timp şi spaţiu) la care funcţionează un echipament diferă substanţial de tensiunea sa nominală.

Alte hotărîri mai importante prevăd introducerea tensiunii de 38 kV ca tensiune maximă pentru echipament, ceea ce ar corespunde (prin compromis) tensiunilor nominale de 33 kV (Anglia, Germania) şi de 35 kV (U.R.S.S., R.S. România etc.). Se menţionează că pînă acum, tensiunea de 35 kV, standardizată în ţara noastră, nu figura printre valorile nominale C.E.I. De asemenea, mergînd pe linia restrîngerii treptelor normale de tensiune, s-a propus renunţarea la tensiunile nominale de 15, 45, 150 şi 161 kV, valori care nu figurează în actualul standard R.S.R. 930—65 privind „Tensiuni nominale şi sistemul de curent”.

O altă problemă discutată a fost oportunitatea menţinerii în continuare printre valorile normale C.E.I. a tensiunii de 660 V, valoare cuprinsă în noul standard românesc. Datorită avantajelor pe care această tensiune le prezintă, şi anume faţă de valoarea de 500 V, performanţe tehnice ridicate la preţuri apropiate, ca şi posibilitatea funcţionării unor motoare prin conexiune-stea la tensiunea de 660 V şi conexiune-triunghi la tensiunea de 380 V, s-a hotărît menţinerea în continuare a acestei tensiuni pentru viitoarele trepte normale C.E.I. Ca program al activităţii viitoare, în afară de cele menţionate, s-a stabilit oportunitatea abordării unor noi probleme, cum ar fi standardizarea tensiunilor de transport şi distribuţie în curent continuu, definirea noţiunii de tensiune joasă şi înaltă, calitatea tensiunii.

În cadrul Comitetului nr. 13 — Aparate de măsurat — s-a discutat, fără a se lua o hotărîre definitivă, despre înlocuirea unităţii de energie „kWh” cu unitatea” joule” ca şi problema excluderii aparatelor cu scări neliniare, şi s-a organizat întocmirea unor recomandări privind condiţiile de îndeplinit de voltmetrele electronice, criterii pentru delimitarea între instalaţiile de măsurat electronice şi neelectronice etc.

Probleme de deosebită importanţă au fost discutate în Comitetele nr. 24 şi 25 privind „Mărimi şi unităţi electrice şi magnetice” şi respectiv .„Simboluri literale şi semne”.

Astfel, în cadrul unei vaste acţiuni, întreprinsă încă din anii trecuţi, privitoare la convenţiile în circuitele electrice şi magnetice, s-au luat următoarele hotărîri :

— Recomandarea unei singure metode pentru indicarea prin săgeţi a sensului de referinţă a tensiunilor (aceea în care săgeata este dirijată în sensul liniilor de cîmp cînd tensiunea este pozitivă).

— Utilizarea posibilă şi a metodei polarităţii (prin semnele + şi —), utilă, de exemplu, la cerinţele electronice, unde polaritatea poate indica sensul tensiunilor continue şi săgeata sensul tensiunilor alternative.

— Puterea complexă, denumită şi putere aparentă complexă, se va scrie cu $P + jQ$, şi nu cu $P - jQ$.

— S-a hotărît introducerea unei mărimi egale cu inversul capacităţii, denumirea şi simbolul urmînd a se stabili ulterior.

În ceea ce priveşte condensatoarele de putere (CT 33), discuţiile s-au axat în special asupra condiţiilor tehnice, înregistrîndu-se două tendinţe : cea a utilizatorilor de asemenea instalaţii care cereau a se introduce cît mai multe condiţii tehnice şi încercări (încercarea la temperaturi maxime şi minime, corecţii de temperatură a măsurătorilor etc.) şi cea a producătorilor de a frîna aceste cerinţe la posibilităţile curente ale laboratoarelor şi deci care să nu scumpească inutil produsul. De exemplu, încercările climatice pe o baterie de condensatoare ar necesita camere speciale mari de care nu se dispune în mod curent, acceptîndu-se în final a se face încercări pe modele sau pe elemente componente.

Trebuie menţionată preocuparea C.E.I. pentru siguranţa în funcţionare a componentelor electronice — fiabilitatea — în cadrul unor lucrări recente (CT 56), precum şi grija pentru extinderea preocupărilor spre acele domenii unde progresul rapid impune deja lucrări de normalizare, cum ar fi în probleme de calculatoare, pentru care lucrările sînt în curs de organizare, ca şi creşterea ponderii pentru activităţi C.E.I. în domeniul electronicii peste proporţia actuală de 1/3 din totalul activităţii CEI, lucru impus de cheltuielile făcute în întreaga lume în cercetare şi proiectare privind electronica.

Ca probleme generale se semnalează iniţiativa lămuririi în cadrul general C.E.I a noţiunii de valoare nominală, care în prezent, în diferite comitete, are sensuri diferite, ca şi avansarea lucrărilor în vederea redactării celei de-a patra ediţii, mai cuprinzătoare, a vocabularului electrotehnic internaţional (VEI).

În sfîrşit, trebuie menţionat că la această reuniune, expirînd mandatul de trei ani de preşedinte C.E.I. al acad. prof. Remus Răduleţ, a fost ales în unanimitate un nou preşedinte C.E.I. în persoana d-lui P. Ailleret, binecunoscut în ţara noastră prin activitatea în cadrul Electricité de France, ca şi prin lucrările sale în domeniul energeticii.

Ing. **G. Manolescu**

A IX-a Conferinţă internaţională pentru protecţia contra trăsnetului (Blitzschutzkonferenz)

În perioada 24—28 septembrie 1967 a avut loc la Lugano, în Elveţia, a IX-a Conferinţă internaţională pentru protecţia contra trăsnetului (Blitzschutzkonferenz). Au participat 114 delegaţi din 14 ţări, între care şi patru delegaţi din ţara noastră.

Ţara noastră este membră a Conferinţei internaţionale pentru protecţia contra trăsnetului, organul reprezentativ fiind Consiliul Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor (CNIT).

S-au prezentat în total 31 de referate, dintre care patru referate au fost ale delegaţiei române, şi anume :

C. Dinculescu, G. Drăgan şi T. Miclescu: *Asupra interpretării unitare a rezultatelor de măsurare a parametrilor curenţilor de trăsnet.*

G. Drăgan şi D. Cristescu: *Asupra schemelor de protecţie a instalaţiilor de medie tensiune contra supratensiunilor atmosferice.*

B. Popa: *Cîteva probleme privind efectul trăsnetului asupra instalațiilor de energie electrică.*

A. Cristovici și A. Popescu: *Analiza schemelor de protecție contra supratensiunilor cu ajutorul ordinatorilor.*

Rapoartele prezentate au fost împărțite în cinci grupe. Printr-o organizare judicioasă a ședințelor de lucru s-a putut participa la prezentarea tuturor referatelor.

Grupa 1 — *Studii privind manifestările oragioase și trăsnetul* (6 referate, între care și un referat al delegației române).

Grupa 2 — *Teoria protecției contra trăsnetului* (9 referate).

Grupa 3 — *Realizarea protecției contra trăsnetului* (7 referate).

Grupa 4 — *Datele statistice privind trăsnetul și efectele sale* (3 referate).

Grupa 5 — *Probleme speciale de protecție* (6 referate, între care 3 ale delegației române).

Din prima grupă s-a remarcat referatul elaborat de E. Vogelsanger, din Elveția, intitulat ,,Noi rezultate de pe muntele San-Salvatore", și referatul elaborat de colectivul C. Dinculescu, G. Drăgan, T. Miclescu, menționat mai sus.

Primul referat prezintă date numeroase privind descărcările atmosferice, îndeosebi pentru trăsnete de polaritate pozitivă. Din analiza rezultatelor obținute se poate trage concluzia că la studiul comportării instalațiilor electroenergetice la acțiunea supratensiunilor atmosferice trebuie să se ia în considerare și trăsnete de polaritate pozitivă de mare intensitate.

Referatul românesc propune elaborarea unei metode unitare de măsurare și de interpretare, pe baza teoriei probabilităților, a parametrilor curenților de trăsnet. Discuțiile pe marginea acestui referat au fost numeroase, mulți delegați subliniind criteriile științifice care stau la baza propunerilor făcute, ca și de analiză a rezultatelor diferitelor măsurători.

Din grupa a doua s-a impus referatul elaborat de H. Prinz, din R. F. a Germaniei, privind studiul curentului de trăsnet și protecția instalațiilor electrice, ca și referatul elaborat de V. Frisch, din Austria, privind problemele de punere la pămînt ca mijloc de protecție contra loviturilor directe ale trăsnetului.

Referatul lui H. Prinz cuprinde date interesante obținute pe un model fizic pentru studiul protecției contra supratensiunilor atmosferice. Referatul lui V. Frisch se referă la date experimentale privind efectele loviturilor de trăsnet asupra prizelor de pămînt, în condiții geologice diferite.

Interesante au fost datele comunicate în referatul lui St. Szpor, din Polonia, cu privire la influența factorilor topografici asupra frecvenței loviturilor de trăsnet, pe baza observațiilor asupra pinilor din regiunile carpatice din Tatra; de menționat însă că aceste date nu permit să se tragă concluzii suficient de clare privind intensitatea și frecvența manifestărilor oragioase.

În cadrul lucrărilor grupei a 3-a au avut loc discuții mai ample în legătură cu referatul lui St. Lundquist, din Suedia, care a tratat problema acțiunii trăsnetului asupra armăturii metalice a stîlpilor de beton armat. Concluziile obținute pe baza a o serie de măsurători interesează mult și țara noastră, deoarece majoritatea liniilor de înaltă tensiune sînt pe stîlpi de beton armat centrifugat.

Date care prezintă interes pentru țara noastră au fost prezentate în referatul elaborat de F. Janata, privind loviturile de trăsnet pe depozite cu materiale explozibile.

Din grupa a 4-a merită să fie subliniat referatul lui G. Sevenster, din Olanda, cu privire la noile norme olandeze de protecție contra loviturilor directe ale trăsnetului.

Jumătate din numărul referatelor grupei a 5-a au reprezentat-o referatele delegației române. S-a apreciat nivelul științific ridicat, precum și faptul că se recurge la metode analitice de studiu al schemelor de protecție contra supratensiunilor atmosferice.

Activitatea delegației române a fost apreciată pozitiv. S-a hotărît înființarea unui comitet de lucru care să prezinte la viitoarea sesiune a Conferinței o propunere în legătură cu metodele de măsurare a manifestărilor oragioase și a parametrilor curentului de trăsnet, precum și interpretarea lor pe baza calculului probabilităților, țara noastră fiind responsabila acestui comitet de lucru.

Conferința internațională pentru protecția contra trăsnetului a hotărît editarea unui dicționar care să cuprindă un număr de 279 termeni privind manifestările oragioase, trăsnetul și parametrii acestuia, supratensiunile atmosferice și protecția contra acestor supratensiuni. Dicționarul va fi redactat în mai multe limbi, între care și limba română. Terminologia în limba română a fost stabilită de o comisie condusă de acad. prof. R. Răduleț.

Cu redactarea definitivă a acestui dicționar a fost însărcinat prof. dr. ing. V. Muljevic, de la Politehnica din Zagreb.

Delegația română urmează să trimită textul definitiv al termenilor în limba română în cursul lunii octombrie.

Cu ocazia acestei conferințe au fost efectuate două vizite cu caracter tehnic.

Prima vizită a avut loc la laboratorul pentru studiul manifestărilor oragioase și al trăsnetului de pe muntele San-Salvatore. Acest laborator are două părți. Prima parte, amplasată într-o cameră în imediata apropiere a stîlpului de televiziune, pe care este montat un paratrăsnet și un număr de sonde feromagnetice pentru studiul trăsnetului, cuprinde două oscilografe special amenajate cu sincronizarea amorsării și cu cablu de întîrziere de 1—2 µs. Pentru studiul frecvenței manifestărilor oragioase sînt prevăzute un număr de contoare, ca și înregistratoare privind durata acestor manifestări. Cealaltă parte a laboratorului, amenajată într-o cameră construită chiar pe vîrful muntelui — care are 915 m altitudine—, este prevăzută cu aparate de fotografiere a descărcărilor atmosferice. Pe cele patru laturi ale camerei sînt montate opt aparate fotografice cu comandă de declanșare de la un pupitru central, care cuprind întregul orizont din jurul muntelui. Comanda se face manual. De asemenea sînt montate două aparate Boys, cu camera învîrtitoare pentru fotografierea desfășurării în timp a trăsnetului. De menționat că regiunea înconjurătoare se caracterizează prin manifestări oragioase frecvente. Acest laborator, condus de peste trei decenii de prof. K. Berger, a furnizat date extrem de interesante și utile privind caracteristicile manifestărilor oragioase sau parametrii curenților de trăsnet.

A doua vizită tehnică a avut loc la centrala hidroelectrică Verzasca, de lîngă Lucarno.

Centrala, cu o bună parte a instalațiilor în montaj subteran (pînă la o adîncime de 220 m), este în cea mai mare parte automatizată.

Principalele caracteristici tehnice ale centralei sînt:

— puterea totală: 105 MW (trei turbine Francis a 35 MW);

— tensiunea: 10/150 kV;

— stația are trei transformatoare a 35 MVA.

Participarea la cea de-a IX-a sesiune a Conferinței internaționale pentru protecția contra trăsnetului a fost utilă, prin faptul că s-a luat cunoștință de unele metode noi de protecție împotriva supratensiunilor atmosferice și împotriva loviturilor de trăsnet, mai eficiente și mai economice, prin faptul că s-au prezentat delegaților participanți la sesiune realizările din problema studiului supratensiunilor atmosferice din țara noastră și a mijloacelor de protecție împotriva acestor supratensiuni, prin faptul că s-au stabilit o serie de contacte directe cu diferiți oameni de știință.

Activitatea delegației române, prin lucrările pe care le-a prezentat, ca și prin discuțiile la care a participat, a fost apreciată pozitiv, atît de organizatorii acestei sesiuni cît și de diverși delegați din alte țări.

Prof. dr. ing. **G. Drăgan**

Simpozionul „Analiza şi sinteza reţelelor electrice"

La Bucureşti a avut loc, între 2 şi 5 octombrie 1967, simpozionul privind „Analiza şi sinteza reţelelor electrice", organizat de Academia Republicii Socialiste România, prin Institutul de energetică, Ministerul Energiei Electrice şi Consiliul Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor. La lucrările acestui simpozion au participat aproape 400 de specialişti din domeniul sistemelor energetice, al telecomunicaţiilor şi al automatizării, dintre care 50 oaspeţi de peste hotare.

La şedinţa de deschidere, care s-a ţinut în aula Academiei, au luat cuvîntul acad. Remus Răduleţ, preşedintele comitetului de organizare a simpozionului, prof. Mircea Biji, vicepreşedinte al Consiliului Naţional al Cercetării Ştiinţifice, acad. Şerban Ţiţeica, vicepreşedinte al Academiei, ing. Adrian Georgescu, adjunct al ministrului energiei electrice, prof. Alex. Gheorghiu, din partea Ministerului Învăţămîntului, prof. Constantin Dinculescu, preşedintele Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor. Au rostit, de asemenea, cuvîntări de salut mai mulţi oaspeţi din străinătate.

În continuare, acad. Remus Răduleţ a prezentat un referat cu tema : „Cercetarea în sprijinul dezvoltării electroenergeticii, electronicii şi telecomunicaţiilor".

Prezentarea şi discutarea comunicărilor a fost organizată pe nouă secţii, şi anume :

1. *Teoria generală a reţelelor electrice.*
2. *Fenomene de cîmp în reţele electrice.*
3. *Analiza regimurilor permanente ale sistemelor electroenergetice.*
4. *Modele şi scheme echivalente în electroenergetică.*
5. *Regimuri dinamice ale sistemelor electroenergetice.*
6. *Optimizarea exploatării şi planificării sistemelor electroenergetice.*
7. *Sinteza reţelelor în sisteme de comunicaţii (sinteza în domeniul frecvenţei — sinteza în domeniul timpului).*
8. *Transmisia semnalelor în sisteme de comunicaţii.*
9. *Analiza şi sinteza sistemelor de automatizări.*

Problemele teoriei generale a reţelelor electrice au fost dezbătute într-o şedinţă comună a specialiştilor din domeniul energeticii şi al telecomunicaţiilor. În acest cadru au fost prezentate zece comunicări tratînd îndeosebi proprietăţile topologice ale reţelelor electrice, modelarea matematică şi grafică a condiţiilor de funcţionare a reţelelor precum şi utilizarea acestor modele în sistematizarea calculelor, folosind mijloace moderne de calcul.

În secţiunea privitoare la fenomene de cîmp electromagnetic în reţele electrice s-au prezentat zece comunicări. Ele au privit regimul tranzitoriu în circuite şi linii cu conductoare masive, iar una dintre comunicări a prezentat problema transmisiei energiei prin microunde.

Cele 11 comunicări ale secţiei de analiză a regimurilor permanente au dezbătut pe larg metodele adecvate pentru raţionalizarea calculelor acestor regimuri, prin folosirea calculatoarelor electronice, permiţînd astfel un schimb de experienţă multilateral. Tot aici au fost prezentate metodele de studiu ale unor regimuri cu caracter de avarie, legate de apariţia unor supracurenţi sau supratensiuni în reţele electrice.

Cu privire la „modele şi scheme echivalente în studiul reţelelor electrice", s-au prezentat modele fizice şi matematice ale reţelelor electrice, utile pentru simplificarea studiului comportării reţelelor în regimuri normale şi de avarie, simetrice şi nesimetrice, în zece comunicări.

În secţia de „sisteme electroenergetice în regimuri dinamice" cele mai multe comunicări s-au referit la probleme ale stabilităţii statice şi dinamice a sistemelor electroenergetice, şi anume : criteriile de stabilitate, metode de calcul adecvate utilizării calculatoarelor electronice, metode pentru mărirea siguranţei şi asigurarea protecţiei sistemelor, precum şi probleme ale generatoarelor şi motoarelor electrice în regimuri dinamice. În total au fost discutate în această secţie 13 comunicări.

Dintre problemele exploatării optime a sistemelor electroenergetice au reţinut în special atenţia cele privind modelarea matematică adecvată cu ajutorul calculatoarelor a condiţiilor de exploatare a sistemelor, problemele influenţei pierderilor în reţele asupra repartiţiei optime şi elaborarea algoritmilor pentru rezolvarea problemei optimizării. În legătură cu planificarea sistemelor s-au discutat de asemenea modelele matematice ale dezvoltării şi exploatării sistemelor proiectate, problemele rezervei şi siguranţei acestora, ale informaţiilor disponibile.

Dintre problemele cu aplicaţii în energetică discutate în celelalte secţii, se menţionează : problema perturbaţiilor la telecomunicaţii pe canale de înaltă frecvenţă pe liniile electrice de transport, optimizarea funcţionării sistemelor energetice sub acţiunea reglajului mixt frecvenţă-tensiune.

În total au fost prezentate şi dezbătute 89 de comunicări, dintre care 63 de autori români, iar 26 de autori din străinătate. Textele altor 14 comunicări au fost înaintate comitetului de organizare de către autorii care nu au putut participa la simpozion.

Toate comunicările sînt cuprinse în patru volume imprimate şi într-un al cincilea volum în pregătire *.

Din discuţiile de probleme duse în cadrul secţiilor de lucru ale simpozionului, precum şi din declaraţii făcute de participanţi, a rezultat că lucrările acestei manifestări au interesat în mod deosebit pe specialişti şi au prilejuit un foarte preţios schimb de experienţă, iar nivelul ridicat al realizărilor româneşti a fost apreciat favorabil de către oaspeţii din străinătate.

Totodată, prin discuţiile care au avut loc între diferiţi specialişti, s-au stabilit contacte şi posibilităţi de colaborare viitoare atît individuale cît şi între instituţii de specialitate.

În asentimentul participanţilor, acad. Remus Răduleţ a propus, în şedinţa de închidere, să se organizeze o dată la trei ani cîte un simpozion cu privire la reţelele electrice.

Dr. ing. **E. Arie**

---

*) Volumele de comunicări pot fi obţinute contra cost la Academia R.S.R., Institutul de Energetică, Şos. Vitan nr. 236.

Lista rapoartelor prezentate la simpozion

1.2. M. Bercovici : Numărul arborilor unui graf liniar. Vol. I
1.3. A. Calvaer, M. Pavella : Caracterele analitice ale matricelor de imitanţă ale reţelelor polifazate conţinuînd transformatoare de defazaj. Vol. IV
1.4. P. Dimo : Analiza nodală în lumina metodei grafurilor de fluenţă. Vol. IV
1.5. R. Baumann : Algoritme de eliminare ordonată pe baze topologice în analiza circulaţiilor de putere Vol. IV
1.6. T. Cholewicki : Generalizarea giratorilor ideali ai NIC şi NIV Vol. I
1.7. C. Şora : Despre condiţia de nereciprocitate a giratorului cu efect Hall. Vol. I
1.9. C. Mihăileanu : O formă de prezentare duală a teoremei generatorului echivalent în reţelele electrice liniare. Vol. I
1.10. N. A. Kartvelişvili: Problema multidimensionalităţii în teoria sistemelor energetice şi cîteva căi de rezolvare. Vol. IV
1.11. M. Preda, P. Cristea : Utilizarea matricei de conexiune arbore-coarbore în scrierea ecuaţiilor unei reţele electrice. Vol. I

2.1. R. Răduleţ, Al. Timotin, A. Ţugulea : O teorie a parametrilor tranzitorii ai circuitelor electrice liniare cu elemente nefiliforme şi pierderi suplimentare. Vol. I
2.2. Al. Timotin, A. Ţugulea : Parametrii tranzitorii ai unei bobine cu miez masiv. Vol. I
2.3. A. Timotin : Parametrii tranzitorii ai unui condensator cu pierderi. Vol. I
2.4. A. Cupşa : Regimuri tranzitorii determinate de condiţii iniţiale de cîmp în circuite magnetice neomogene ecranate şi nesaturate. Vol. I
2.5. A. von Weiss : Alimentarea cu energie folosind transmisia de energie prin microunde. Vol. I
2.6. A. I. Dolghinov, A. I. Stupel, L. S. Levin : Analiza proceselor electromagnetice tranzitorii în sisteme electrice cu linii lungi. Vol. IV
2.7. R. Frever : Stadiul de dezvoltare a analizorului de reţea şi de unde călătoare în R.D.G. şi realizarea sa tehnică. Vol. IV

2.8.	R. Răduleț, Al. Timotin, A. Țugulea : Cîmpul electromagnetic al liniilor electrice cu pierderi.	Vol. I
2.9.	R. Răduleț, Al. Timotin, A. Țugulea : Ecuațiile de propagare cu parametrii tranzitorii pentru liniile electrice cu pierderi.	Vol. I
2.10.	A. Țugulea, Al. Timotin : Parametrii tranzitorii longitudinali ai liniei coaxiale.	Vol. I
2.11.	Al. Timotin : Parametrii tranzitorii longitudinali ai liniei aeriene unifilare subțiri cu întoarcere prin sol.	Vol. I
3.1.	P. Dimo, S. Ionescu, P. Vasilescu : Algoritm unitar de calcul pentru analiza sistemelor energetice pornind de la iterația curenților de scurtcircuit.	Vol. I
3.3.	N. A. Kacianova : Calculul cu ajutorul calculatoarelor electronice numerice a regimurilor permanente ale sistemelor electroenergetice complexe.	Vol. I
3.4.	H. Edelman : Măsuri pentru reducerea volumului de calcul la analiza rețelelor vaste cu ajutorul unui calculator automat.	Vol. I
3.5.	H. Siemaszko : Metodă de calcul pentru sisteme electroenergetice, derivată din metoda modificată a admitanței hibride.	Vol. I
3.6.	J. Tabor : Utilizarea calculatoarelor digitale în analiza, optimizarea și exploatarea sistemelor energetice ale IEC.	Vol. IV
3.7.	V. A. Krîlov, E. V. Hrușciova : Calculul curenților de scurtcircuit din rețelele electrice pe calculatoare numerice CEN.	Vol. IV
3.8.	G. Hosemann : Din practica calculelor de scurtcircuit.	Vol. IV
3.9.	T. Dordea : Repartiția curenților electrici în *n* rețele conectate în paralel prin intermediul transformatoarelor cu *m* înfășurări	Vol. I
3.10.	G. Drăgan, A. Cristovici : Asupra metodelor de studiu al tensiunilor de origine internă	Vol. IV
3.11.	A. Semlyen : Analiza nodală a pierderilor provocate de transpunerea fazelor liniilor aeriene.	Vol. I
3.12.	G. Drăgan, D. Cristescu, N. Golovanov : Repartiția tensiunii de-a lungul unui circuit cu capacități.	Vol. I
3.13.	S. Farhi, H. Țibrunski : Studiul analitic al repartiției tensiunii de-a lungul înfășurării primare la deconectarea transformatorului în gol.	Vol. IV
4.2.	G. Catenacci, A. Clerici, A. Vian : Dezvoltarea analizei rețelelor la CESI.	Vol. IV
4.3.	Iordănescu, I. : Mijloace de analiză a sistemelor energetice de la masa de curent continuu la mașina electronică cifrică.	Vol. II
4.4.	H. Albert, P. Iancovici, M. Pomîrleanu : Scheme echivalente cu sarcină unică utilizate în energetică	Vol. II
4.5.	D. V. Timofeev, A. C. Frolov, R. P. Biriukova – Regimurile nesimetrice ale sistemelor electrice și analiza simetrizării lor.	Vol. IV
4.6.	M. Bercovici, A. Arie, M. Tudose : Aspecte ale aplicării teoriei componentelor simetrice în analiza regimurilor nesimetrice ale rețelelor electrice	Vol. II
4.7.	A. Petroianu : Sinteza matricei nodale a impedanțelor proprii și mutuale, folosind variabile ale ecuațiilor circuitelor închise și deschise cu utilizarea calculatorului electronic cifric.	Vol. II
4.8.	C. Portella : Reprezentarea tensorială a comportării diferențiale a rețelelor electrice. Aplicații.	Vol. IV
4.9.	H. Storch : Un model matematic pentru calculul defectelor transversale și combinate – longitudinale și transversale – în rețelele electrice.	Vol. IV
4.10.	K. Naumann : Calcule de scurtcircuit în rețele de înaltă tensiune utile în probleme de protecție prin relee	Vol. IV
5.1.	F. Manea, A. Itoafă, D. Popescu : Analiza criteriilor practice și studiul stabilității statice a sistemelor electroenergetice.	Vol. II
5.2.	S. T. Despotovic : Procedeu rapid pentru verificarea stabilității statice prin metoda micilor oscilații.	Vol. II
5.3.	G. M. Portnoi, A. A. Haceaturov : Analiza regimurilor de lucru ale sistemelor energetice interconectate în condiții de avarie și măsuri pentru îmbunătățirea stabilității și siguranței.	Vol. IV
5.4.	Z. Jasicki : Cîteva relații asupra configurației rețelelor și a stabilității lor dinamice.	Vol. IV
5.5.	G. Moraite : Reconsiderarea principiilor de analiză și de organizare a protecției și automatizărilor de sistem prin introducerea conceptelor figurative ale analizei nodale.	Vol. II
5.6.	P. N. Itișen, E. K. Lohanin, M. G. Portnoi : Calculul stabilității rețelelor electrice pe calculatoare numerice.	Vol. IV
5.7.	I. N. Lughinski : Calculatoare specializate pentru calculul proceselor tranzitorii din rețelele electrice.	Vol. IV
5.8.	L. Groza : Introducerea unor indici de calitate pentru siguranța de funcționare a sistemelor electroenergetice.	Vol. II
5.9.	A. V. Venikov, M. Stroev : Sinteza generatorilor reglați din sistemele energetice.	Vol. IV
5.10.	C. Apetrei : Analiza mașinii sincrone ca element al sistemului energetic	Vol. II
5.12.	C. Bălă, P. Oprișan : Pendulațiile întreținute ale mașinii sincrone.	Vol. II
5.13.	M. Bîrgăuanu : Influența constantei de inerție asupra stabilității motoarelor sincrone la goluri de tensiune.	Vol. II
5.14.	A. Moraru : Stabilitatea funcționării micromotorului sincron monofazat în funcție de parametrii principali.	Vol. II
6.2.	D. Spohn : Rezolvarea problemei repartiției economice	Vol. IV
6.3.	V. Romert : Metode noi de analiză cu ajutorul calculatoarelor electronice cifrice a regimului rețelelor sistemelor energetice și adaptarea algoritmilor de calcul la informațiile existente în sistem.	Vol. II
6.4.	S. A. Ghinsburg, D. V. Șlimovici : Repartiția optimă a puterilor active în sistemul energetic cu ajutorul calculatoarelor electronice analogice și hibride specializate.	Vol. IV
6.5.	E. Pavel, N. Chirculescu : Considerarea pierderilor de putere și a restricțiilor tehnice la studiul regimurilor de funcționare optimă a sistemelor electronergetice.	Vol. II
6.6.	P. L. Noferi, P. Basso, M. Valtorta : Simularea pe calculator a dezvoltării optime și a exploatării unui sistem cu centrale termoelectrice, cu aplicație în planificare.	Vol. II
6.7.	E. Arie : Modele electrice în studiul economic al dezvoltării rețelelor de transport de energie	Vol. II
6.8.	M. Petcu : Modelul DOR (dezvoltarea optimală a rețelei).	Vol. II
6.10.	K. Theilsiefje : Metodă de calcul pentru optimizarea rezervei în funcționarea interconectată.	Vol. II
6.11.	S. V. Usov : Optimizarea regimurilor de exploatare a sistemelor energetice.	Vol. IV
6.12.	I. Bach : Modelul probabilistic al consumatorilor din rețelele electrice.	Vol. IV
6.13.	V. I. Nitu, E. Constantinescu : Analiza structurii sistemelor electroenergetice pe baze statistice și probabilistice în vederea realizării gradului de siguranță necesar pentru regimurile de funcționare.	Vol. II
6.14.	D. Schaller : Procedee pentru proiectarea tehnico-economică a rețelelor electrice pe baza optimizării neliniare	Vol. IV
6.15.	P. M. Vlîcikov, N. T. Ghenkov, T. M. Karafeizov : Determinarea secțiunii conductorilor din condiția căderii de tensiune admisibile și a cheltuielilor totale minime.	Vol. IV
6.16.	K. Kolbinski : Lucrări în domeniul optimizării, planificării și exploatării rețelelor electrice.	Vol. IV
7.1.	G. Cartianu, D. Poenaru : Funcțiile de transfer ale unor tipuri de amplificatoare pentru oscilații modulate – Sinteză și analiză.	Vol. III
7.3.	S. Condrea : Metoda unitară de sinteză în domeniul timp și în frecvență	Vol. III
7.5.	C. Vasiliu : Relații între coeficienți și elementele rețelei pentru sinteza funcțiilor de intrare de ordinul doi.	Vol. III
7.7.	M. Suhăreanu, E. Suhăreanu : Determinarea funcției de intrare cînd ambele părți componente se prescriu grafic și independent într-o bandă finită de frecvențe.	Vol. III
7.8.	G. Cartianu, I. Constantin : Funcții de transfer cu cararacteristici de tip cvasi-Cebîșev, obținute pe baza unei transformări derivate Darlington.	Vol. III
7.12.	A. Mateescu : Aproximarea curbei de egalizare a timpului de propagare de grup, cu funcții fizic realizabile.	Vol. III
7.13.	I. Constantin : Clasa funcțiilor de transfer de tipul maxim plat al caracteristicilor de atenuare și timp de întîrziere de grup	Vol. III
7.14.	P. Postelnicu : Calculul atenuării compuse a cuadripolilor în punte cu ajutorul unor coeficienți de neadaptare.	Vol. III
7.15.	S. Ștefănescu : Determinarea abaterilor elementelor filtrelor cu ajutorul funcțiilor de sensitivitate	Vol. III
7.16.	I. Uidilă : Dimensionarea filtrului trece-bandă prin metoda grafoanalitică.	Vol. III
7.17.	E. Rodeanu : Discriminator de bandă largă cu amplificator operațional.	Vol. III
7.18.	D. Raicu : Rețele iterative de bandă largă pentru amplificatorii parametrici cu undă progresivă.	Vol. III
7.19.	G. Cartianu, V. Vlad : Metodă generală de sinteză în domeniul timpului a funcțiilor cu discontinuități.	Vol. III
7.20.	E. Nicolau : Sinteza automatelor finite	Vol. III
7.21.	C. Vasiliu : O metodă de sinteză a rețelelor pentru semnale sondate.	Vol. III
7.22.	M. Beliș : Sinteza sistemelor evolutive	Vol. III
7.24.	A. D. Artîm : Sinteza unui circuit de bandă pe baza înfășurătoarei procesului tranzitoriu	Vol. III
7.25.	A. Manolescu : Parametrii distribuiți utilizați în oscilatoare tranzistorizate.	Vol. IV
8.2.	R. Piringer : Influența defectelor în caracteristica de atenuare sau de fază asupra răspunsului în timp.	Vol. III
8.3.	A. W. Keen : Analiză în spațiul stărilor, a rețelelor nereciproce.	Vol. IV
8.5.	K. A. Arabagian, D. S. Morinova : Deformarea semnalelor modulate în amplitudine și frecvență la trecerea lor prin filtre RC.	Vol. IV
8.6.	E. Neguț : Răspunsul circuitelor la semnale cu modulație de frecvență.	Vol. III
8.8.	E. Rodeanu : Răspunsul discriminatorului ideal la impuls treaptă.	Vol. III
8.9.	I. Marinov, A. Anghelov, I. Prodanov : Studiul unor sisteme selective RC în legătură cu folosirea lor în sisteme cu schimbare automată a frecvenței.	Vol. III
8.12.	V. Bayer : Nivelul zgomotului de înaltă frecvență pe linii de transmisiune de 220 kV	Vol. IV
9.1.	V. M. Popov : Un analog al sintezei rețelelor electrice în hiperstabilitate	Vol. III
9.2.	S. G. Sepfirov : Metodă de analiză a sistemelor automate multiple cu modulație.	Vol. IV
9.3.	K. G. Mitiușkin : Sinteza schemelor logice serie cu elemente magnetice cu histereză.	Vol. IV
9.5.	N. Tătaru : Utilizarea calculatoarelor analogice în probleme de optimizare automată.	Vol. III
9.6.	C. Penescu, V. Ionescu : Stabilirea regimurilor optime de funcționare a unui sistem energetic cu ajutorul metodei reglajului mixt frecvență-tensiune.	Vol. IV
9.7.	C. Belea : Calculul efectelor discontinuităților din sistemele electrice.	Vol. III
9.8.	S. Călin : Analiza și sinteza sistemelor automate liniare cu timp mort.	Vol. III
9.9.	M. Călușiță : Studiul sistemelor cu timp mort prin metoda locului rădăcinilor.	Vol. III

Informații tehnice

Noi filtre pentru instalațiile de pregătire a apei la centralele termoelectrice. În U.R.S.S. a început producerea unor noi echipamente destinate instalațiilor de pregătire a apei din centralele termoelectrice. Astfel, pentru instalații mici s-au realizat noi tipuri de filtre cu celuloză cu suprafața de 1,54 și 3,14 m^2, respectiv debitul orar de 15 și 30 m^3. S-au realizat filtre mecanice cu carbon activ în două și trei trepte cu diametrul exterior de 3 m și filtre ionice cu pat mixt avînd diametrul exterior de 2 000 mm, cu viteze de filtrare (la condensat) de 50 m/h. O realizare destinată grupurilor de 800 MW o reprezintă filtrele cu celuloză, cu capacitatea de filtrare a unei unități de 600 m^3/h, suprafața de filtrare avînd 31,9 m^2, iar presiunea de lucru 6 at. Pentru grupul de 800 MW au mai fost realizate și filtre cu pat mixt de o construcție specială, cu regenerarea internă a maselor ionice pentru un debit orar de 400 m^3/h. Masele ce se folosesc la aceste filtre sînt cele sovietice: cationic KU-2 și anionic AV-17, care sînt așezate în straturi de 800 mm în raport de 1 : 1. O nouă realizare a industriei sovietice sînt și filtrele cu pat mixt, cu regenerarea exterioară, cu diametrele filtrelor de 2,6, respectiv 3,4 m. Debitul de calcul al acestor filtre este de 530, respectiv 900 m^3/h. În timpul regenerării maselor (după separarea acestora) în același regenerator, cel de-al doilea se folosește numai ca vas de stocare a masei regenerate. La regenerarea separată, în primul vas se realizează separarea maselor ionice, iar după descărcarea maselor anionice în cel de al doilea, în primul se regenerează apoi masele cationice. Înălțimea straturilor de mase este de 1 200 mm iar a pernei de apă de 600 mm (50%). Introducerea acestor filtre în centralele electrice se prevede a fi efectuată treptat, în conformitate cu un plan bine stabilit, iar definitivarea planului urmează să fie făcută în mod centralizat după realizarea dispozitivelor de colectare și distribuție inferioare și superioare din materiale polimerizate.

(Teploenerghetika nr. 10, 1967, p. 6–11)

Noi norme privind proiectarea centralelor termoelectrice și a rețelelor de termoficare. Ca urmare a apariției în U.R.S.S. a unor noi blocuri de puteri mari de 300 MW (în funcțiune) și de 500 și 800 MW (în montaj), de centrale noi, cu puterea totală instalată de 1,0; 1,5 și 2,4 mil. kW de linii de transport de 330, 500 și 750 kV, a fost necesară revederea vechilor norme de proiectare aprobate în 1959–1961 și înlocuirea acestora cu unele noi.

Noile norme iau în considerație atît experiența obținută la proiectarea, montarea și exploatarea noilor blocuri energetice cît și tendința pe plan mondial. Normele exprimă politica tehnică a Ministerului Energeticii și Electrificării din U.R.S.S. pentru o perioadă apropiată. Normele indică că la centralele cu condensație și sisteme puternice trebuie montate blocuri de 200, 300, 500 și 800 MW, iar la CET cu agregate de 50, 100 și 135 MW, 130 at, fără preîncălzire intermediară, respectiv de 250 MW, 240 at, cu preîncălzire intermediară. Din punctul de vedere al structurii blocurilor, normele recomandă folosirea sistemului monobloc, acesta fiind superior atît funcțional cît și economic față de sistemul dublu-bloc. Noile norme stabilesc modul de alegere a echipamentelor auxiliare, funcție de puterea blocului, astfel pompele de alimentare la presiunea de 130 at nu trebuie să depășească numărul de 2, iar la blocuri cu parametrii supracritici se recomandă folosirea de turbopompe, mărimea și numărul alegîndu-se funcție de puterea blocului ș.a.m.d. În norme sînt indicate și cerințele de mărire a preîncălzitoarelor și a altor echipamente, modul nou de concepție a schemelor termice; o atenție deosebită se acordă modului de alegere și a rezervelor privind echipamentul principal, funcție de tipul centralei, scopul acesteia etc. Pentru CAF se recomandă utilizarea drept combustibil a gazului sau păcurii, independent de felul de combustibil al centralei. Sînt date indicații speciale în privința instalațiilor de tratare chimică a apei, a instalațiilor electrice, cît și o serie de recomandări, privind îmbunătățirile nivelului de mecanizare a reparațiilor. Se consideră că aplicarea noilor norme va îmbunătăți simțitor proiectarea și exploatarea centralelor electrice.

(Teploenerghetika nr. 11, 1967, p. 92–94)

Al doilea colocviu științific tehnic „Stadiul economiei energetice în industria metalurgică a R.D.G.” La 1 și 2 iunie 1967 a avut loc al doilea colocviu științific tehnic cu tema „Stadiul economiei energetice în industria metalurgică a R.D.G.”, organizat de Asociația minerilor și metalurgiștilor germani, secția energetică, împreună cu Școala tehnică metalurgică. Temele tratate s-au grupat în jurul următoarelor subiecte principale:

1. Îmbunătățirea planificării și conducerii economiei energetice în industria metalurgică și colaborarea mai intensă cu organele de planificare ale economiei energetice a R.D.G.

2. Modificarea structurii purtătorilor de energie.

3. Îmbunătățirea randamentelor energetice ale agregatelor cu consum mare de energie, prin aplicarea de metode științifice noi.

4. Dezvoltarea cadrelor în economia energetică a industriei metalurgice.

(Energieanwendung 16 (1967), nr. 10, p. 242–243)

A șaptea conferință a aburului. Cea de-a șaptea Conferință internațională a aburului va avea loc între 8 și 12 septembrie 1968 la Tokio și se va ocupa cu proprietățile apei și apei grele în toate fazele. Au și fost anunțate 60 de rapoarte din șapte țări. Rapoartele nu vor apărea într-o dare de seamă a conferinței, ci publicarea lor se va face la libera alegere a autorilor; aceștia sînt însă rugați să predea 200 copii ale manuscrisului, în vederea difuzării către participanții la conferință. Manuscrisele complete trebuie remise secretariatului conferinței pînă la 15 martie 1968.

(B.W.K. 19 (1967), nr. 10 p. 512)

Al 7-lea Congres mondial al țițeiului – Mexico 1967. Al 7-lea Congres mondial al țițeiului a avut loc la Mexico de la 2 la 8 aprilie 1967. S-au ținut 16 rapoarte de ansamblu, s-au tratat 327 rapoarte în cadrul a 42 discuții pe grupe (Panel Discussions) și s-au prezentat 65 rapoarte despre teme actuale.

De la ultimul congres mondial al țițeiului, evaluările rezervelor cunoscute și probabile au confirmat că sînt la dispoziție mari cantități de țiței. Rezervele cunoscute se ridică la $1{,}5.10^{12}$ t și alte $0{,}9.10^{12}$ t s-ar găsi în cîmpuri petrolifere încă neexplorate. Cele cinci regiuni petrolifere principale (S.U.A., Venezuela, Orientul Mijlociu, U.R.S.S. și Africa) produc circa 90% din totalul mondial și dispun de 93% din rezervele cunoscute. Extrapolînd curbele de extracție ale anilor precedenți, ar rezulta pentru viitorii zece ani că S.U.A. și Venezuela vor menține actualul nivel al producției, Orientul Mijlociu și U.R.S.S. ar dubla producția și Africa ar tripla-o.

Necesarul și modul de acoperire se pot antecalcula cu destulă precizie pentru următorii 2–3 ani, dar nu se pot face preliminări pentru necesarul de țiței pe mai mult de 15 ani.

În ceea ce privește celelalte feluri de energie primară, rezervele de gaze naturale reprezintă 863.10^9 m^3, cele de cărbune 127.10^9 m^3 echivalent țiței, iar rezervele de energie nucleară 50.10^9t echivalent țiței, în condițiile actuale ale separării izotopilor. La îmbunătățirile care se prevăd se poate conta pe $1{,}2.10^{12}$ t echivalent țiței.

Un interes deosebit au stîrnit valorile privind rezervele de țiței și de gaze ale U.R.S.S. În Siberia de vest, pe o suprafață cu dimensiunile 3300 km (E–V) și 4300 km (N–S) există depozite imense jurasice și cretacice, bogate în țiței și gaze. În 1967 au existat 36 cîmpuri gazeifere, 44 cîmpuri petrolifere și două cîmpuri gazeifere și petrolifere, între care cinci cîmpuri cu rezerve de $1{,}3.\ 10^{12}$ m^3 gaze. Platforma Siberiei de est, cu dimensiunile de 2400 × 2400 km, conține concentrări de țiței și gaze în formații paleozoice, triasice și jurasice. De asemenea este în dezvoltare o nouă provincie petroliferă între Moscova și Varșovia.

(B.W.K. 19 (1967), nr. 11, p. 540–541)

Construcția CNE B.N-350. La 3,5 km de malul Mării Caspice, la Taras Sevcenko, se construește în prezent o CNE de mare putere, echipată cu un reactor cu neutroni rapizi. Centrala este calculată pentru o putere de 150 MW_e și o producție de apă dulce de 120 000 m^3/zi, provenită din desalinizarea apei de mare. Clădirea principală are o lungime de 110 m și o lățime de 45 m, cu o înălțime de 60 m. În sala reactorului funcționează un pod rulant de 125/20 t cu o deschidere de 43 m. Vasul de presiune al reactorului este din oțel, are o înălțime de 12 m și un diametru de 6 m și a fost confecționat pe șantier din nouă tronsoane prefabricate. Asamblarea s-a făcut după o tehnologie specială.

Pompele de sodiu din circuitul primar sînt de tip vertical, axiale, cu un singur etaj și au două trepte de viteză, de 1 000 rot/min și 250 rot/min. Debitul nominal al pompelor este de 3 200 m^3/h la o presiune de 110 m col. apă. Randamentul pompelor este de 70%. Puterea electromotoarelor de antrenare este de 1700 kW la 1000 rot/min, respectiv 55 kW la 250 rot/min. Pompele de sodiu din circuitul secundar au un debit nominal de 3700 m^3/h la o presiune de 68 m col. apă, cu un randament de 72% la 1000 rot/min.

La sfîrșitul anului 1966 se terminaseră lucrările de betonare a clădirii reactorului, care se ridicase la cota +22 —30 m. Se terminaseră lucrările de construcție la centrul de ventilație, bazinul de calmare a combustibilului iradiat și la alte clădiri de pe teritoriul centralei.

În cursul anului 1967 s-au început lucrările de montaj la vasul reactorului (cele nouă tronsoane sînt gata), la generatoarele de abur și la pompele de sodiu și de apă.

(Atomania Energhiia, nr. 11, 1967, p. 409–416)

La CNE Beloiarsk, cea de-a doua unitate este în fază finală. La CNE Beloiarsk se află în ultima fază de construcție cea de-a doua unitate, cu o putere de 200 MW_e.

Reactorul este de tip uraniu îmbogățit, cu moderator grafit, agent de răcire apă obișnuită în fierbere. Reactorul este prevăzut să realizeze în canale speciale supraîncălzirea aburului pînă la 510°C. Aburul produs în reactor va fi dirijat direct către turbine.

S-a preconizat ca această unitate să fie pusă în funcțiune în luna decembrie 1967.

(Atomnaia Energhiia, nr. 11, 1967, p. 379–395

CNE Haddam-Neck critic. La 24 iulie 1967 a devenit pentru prima oară critic reactorul de tip PWR al centralei nuclearoelectrice Haddam-Neck. Puterea brută a reactorului este de 490 MW, iar turbina are o putere de 646 MW. În timpul primei săptămîni din luna august a.c., puterea reactorului a fost ridicată la 30 MW_t.

La jumătatea lunii august puterea a atins o valoare de 50 MW_t, după care, reactorul a fost oprit pentru unele reglări. La sfîrșitul lunii august, probele au continuat și se preconiza că pînă la sfîrșitul lunii septembrie să se atingă puterea nominală.

(Atomwirtschaft – Atomtechnik, nr. 10, 1967, p. 453 și Nuclear Engineering vol. 12, nr. 137, octombrie 1967, p. 727)

S-a dat comanda pentru CNE — Bridgam. Pentru CNE de la Bridgam, pe malul lacului Michigan, au fost comandate la Westinghouse două reactoare tip PWR de cîte 1100 MW_e fiecare. Primul bloc va fi pus în funcțiune în 1972, iar cel de-al doilea în 1973. Centrala va costa 135 $ /kW și va concura cu centralele termoelectrice clasice la. care cărbunele va costa peste 7 $ /t cc.

(Atomwirtschaft – Atomtechnik, nr. 10, 1967, p. 454)

Centrală nucleară la Rancho Seco. Firma Babcock Wilcox a primit de la SMVD (Sacramento Municipal District) comanda pentru un reactor de 800 MW_e ce va fi amplasat la Rancho Seco. Centrala va fi pusă în funcțiune în 1973, iar prețul energiei electrice va fi de 4,156 mills/kWh (30 ani durată de viață, 61,7% factor de încărcare). Reactorul va costa 28,5 mil. $

(Atomwirtschaft – Atomtechnik, nr. 10, 1967, p. 454)

Point Beach va avea un reactor PWR. USAEC a aprobat firmei Wisconsin Michigan Power Co. construcția CNE Point Beach la Two Creeks la circa 50 km sud de Green Bay, pe lacul Michigan. Centrala va fi echipată cu un reactor PWR de 454 MW_e ,de construcție Westinghouse, și va costa fără prima încărcătură de combustibil circa 61,3 mil. $

(Atomwirtschaft – Atomtechnik, nr. 10, 1967)

Defect de turbină la San Onofre. CNE San Onofre, echipată cu un reactor de 480 MW_e de tip PWR, care a devenit critic la 14.06.1967, a trebuit să fie oprită în luna iulie, numai după o zi de funcționare cu sarcină scăzută, din cauza unor defecțiuni la ultimele două trepte ale turbinei și la condensator. Repararea stricăciunilor se prevedea să dureze pînă la 18.09.1967.

(Atomwirtschaft – Atomtechnik, nr. 10, 1967, p. 454)

S-a ales amplasamentul zonei centralei nucleare. Pentru prima centrală nuclearoelectrică din Ungaria, echipată cu două reactoare cu apă sub presiune (PWR) de cîte 400 MW_e, s-a ales amplasamentul la Paks, pe Dunăre, la circa 100 km de Budapesta. Centrala este planificată să intre în funcțiune pînă în 1975.

(Atomwirtschaft – Atomtechnik, nr. 10, 1967, p. 453)

SGHWR a devenit critic. La 14 septembrie 1967 a devenit pentru prima oară critic prototipul de 100 MW_e al reactorului SGHWR de la Winfrith. Acesta este un reactor moderat cu apă grea, răcit cu apă obișnuită în fierbere, prevăzut cu supraîncălzire nucleară a aburului cu ciclu direct. Încărcarea cu combustibil a reactorului a început, conform programului, la 24 august 1967, în ciuda mult-publicatului accident de corodare de către mercur a vasului de aluminiu al moderatorului. Drept combustibil se folosește UO_2 ușor îmbogățit (1,4%), îmbrăcat în Zircaloy. 140 elemente folosesc pentru fierbere și 8 pentru supraîncălzirea aburului. Temperatura de fierbere este de 283°C, iar a aburului supraîncălzit de 504°C. Lucrările la reactor au început în mai 1963.

(Atomwirtschaft – Atomtechnik, nr. 10, 1967, p. 452 și Nuclear Engineering, vol. 12, nr. 137, octombrie 1967, p. 727)

Oldbury — critic. La 16 august 1967 a devenit critic reactorul nr. 1 al centralei nuclearoelectrice Oldbury. Această centrală va avea în profil final două reactoare GCR de cîte 300 MW_e și două turboagregate de cîte 313 MW.

La această centrală s-a aplicat pentru prima oară în Anglia concepția ,,integrată" cu vas de presiune din beton pretensionat, cu generatoarele de abur și compresoarele de gaze incluse în interiorul vasului.

Construcția a început în mai 1962. Încărcarea celor 26 452 elemente de combustibil, ce constituie prima încărcătură de 292,1 t uraniu natural a reactorului nr. 1, a durat de la 25.07 pînă la 2.08.1967. Costul energiei electrice se apreciază că va fi de 0,69 $/kWh.

(Atomwirtschaft – Atomtechnik nr. 10, 1967, p. 452)

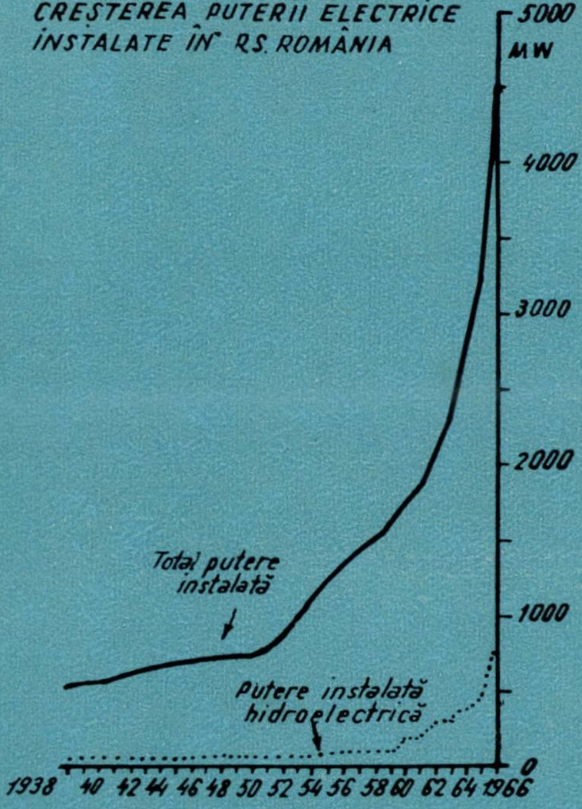
Revista ,,ENERGETICA", organ al Ministerului Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R. S. România (CNIT), Redacția: București, Splaiul Independenței nr. 49, Raionul V. I. Lenin. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament: nr. 058001 B. N. R. S. R. — Filiala Lenin. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri lei 30 anual. Prețul unui exemplar lei 5. — Tiparul: Întreprinderea Poligrafică ,,Informația", București — c. 5792

Taxele poștale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.T. nr. 10/1095, 1967

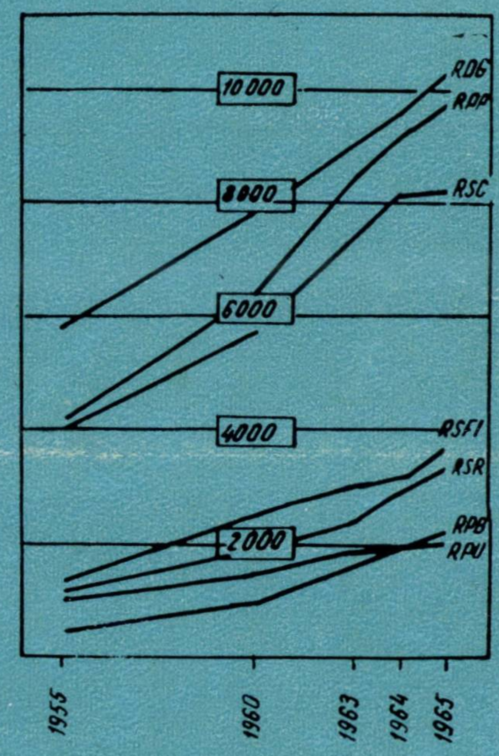
41 401

1883

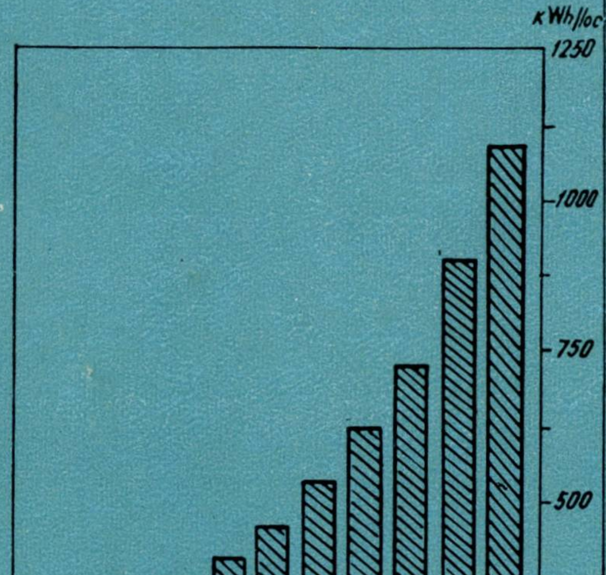
CREȘTEREA PUTERII ELECTRICE INSTALATE ÎN R.S. ROMÂNIA



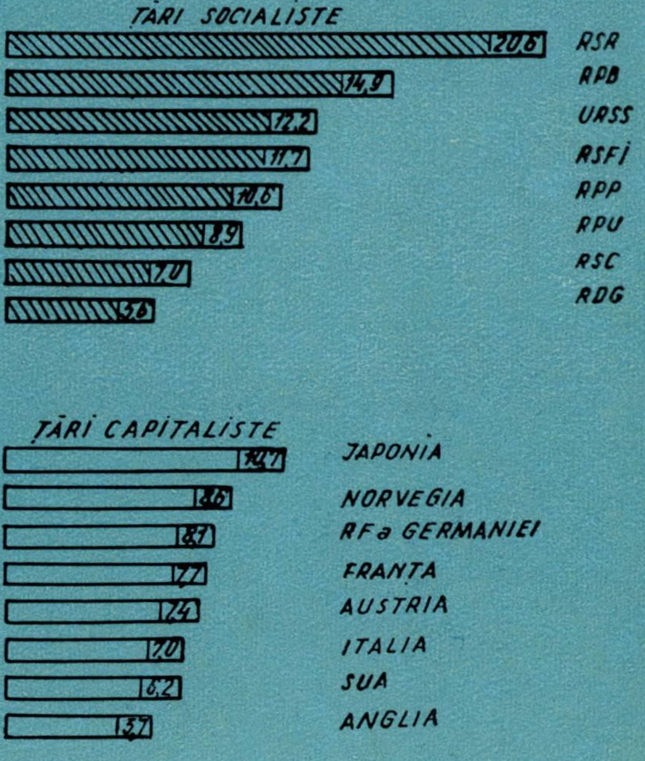
EVOLUȚIA PUTERII INSTALATE ÎN UNELE ȚĂRI SOCIALISTE - MW



PRODUCȚIA DE ENERGIE ELECTRICĂ PE LOCUITOR ÎN R.S. ROMÂNIA

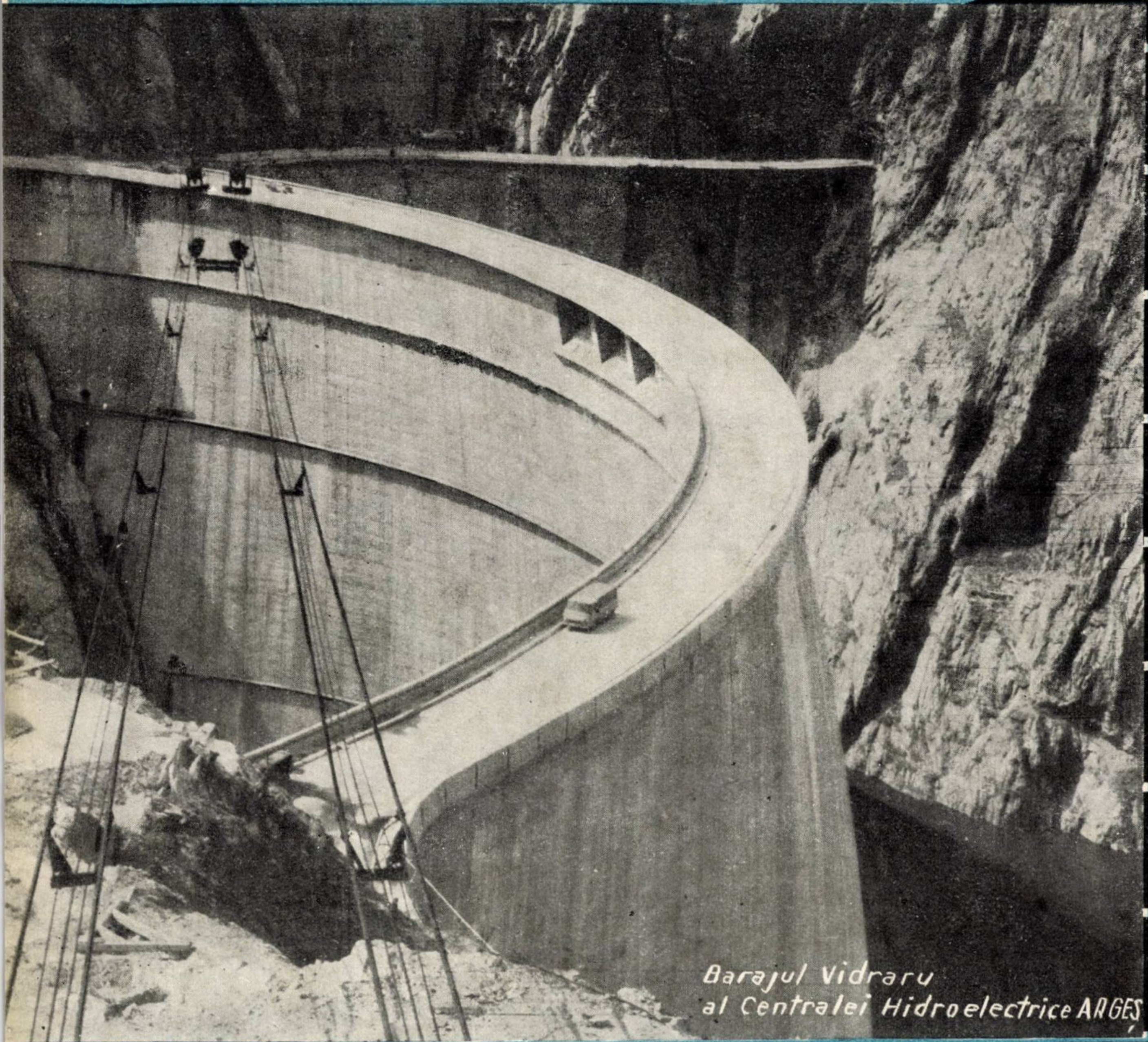


RITMUL MEDIU ANUAL DE CREȘTERE A PRODUCȚIEI DE ENERGIE ELECTRICĂ ÎN PERIOADA 1961-1965 (%)



INTREPRINDEREA DE
CONSTRUCȚII
HIDROENERGETICE

ICH



Barajul Vidraru
al Centralei Hidroelectrice ARGEȘ

EXECUTĂ LUCRĂRI DE:

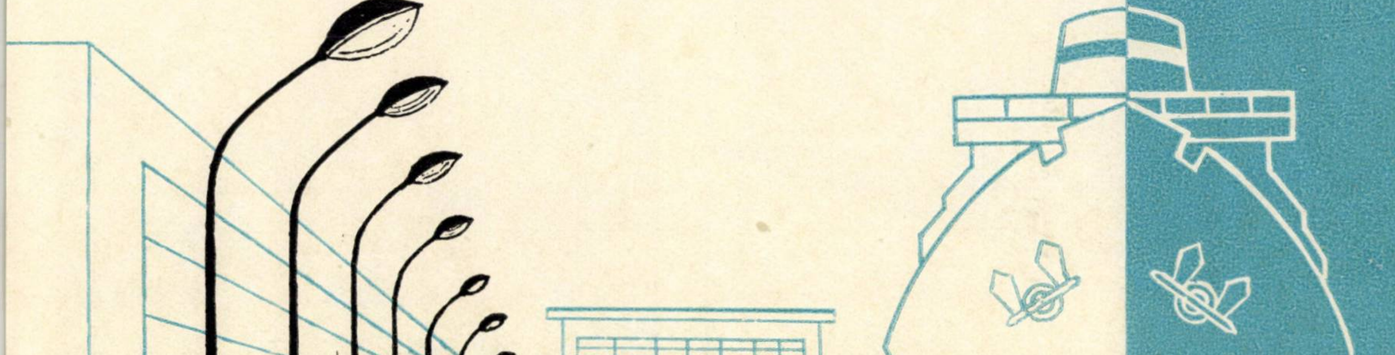
- BARAJE DE TOATE GENURILE
- CENTRALE HIDROELECTRICE SUBTERANE ȘI DE SUPRAFAȚĂ
- TUNELURI ȘI GALERII HIDROTEHNICE
- CANALE ȘI DIGURI
- AMENAJĂRI PENTRU ALIMENTĂRI CU APĂ A MARILOR INDUSTRII

I.C.H. — BUCUREȘTI, STR. DIMITRIE ONCIU Nr. 23—25
TELEFON 35.54.70 TELEX INCOHIDROEN BUC. 244

IRE Dobrogea

proiectează și execută

- rețele de joasă și medie tensiune
- stații și posturi de transformare
- instalații de iluminat exterior
- instalații de electrificare în mediul rural
- instalații exterioare
- branșamente

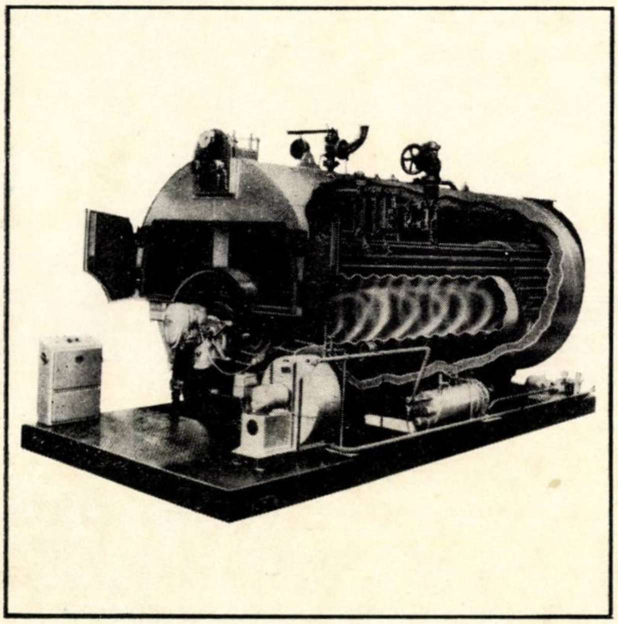


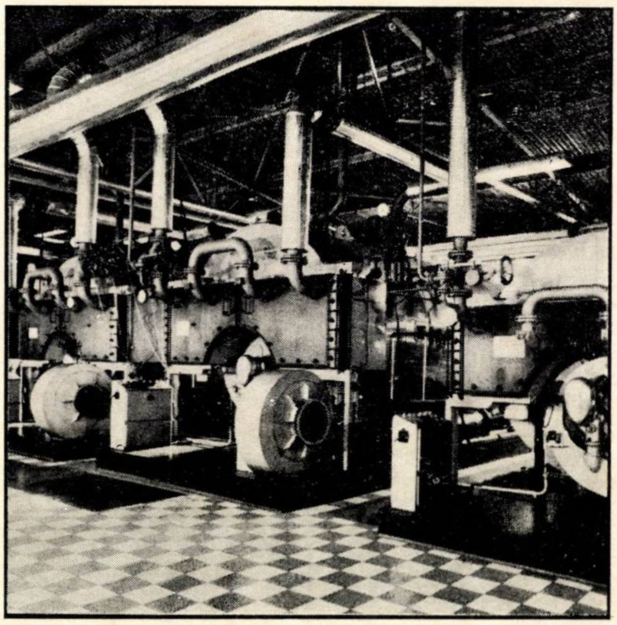
Transportă și distribuie

energie electrică în rețele de înaltă, medie și joasă tensiune

Cazane
de constructie
compactă

STANDARD-CONDOR-KESSEL





Cazan cu trei drumuri de gaze, combinat cu tub de flacără şi ţevi de fum, echipat cu o cameră de întoarcere a gazelor de ardere, răcită cu apă, fără zidărie, montat pe un cadru. Pregătit pentru intrarea în funcţiune, cu toate instalaţiile necesare unei funcţionări complet automate. Instalaţia de ardere este construită pentru arderea păcurii, gazelor sau arderea combinată a păcurii şi a gazelor. Reglajul arderii se face în trepte sau continuu, cu adaptare exactă la debitul momentan al cazanului. Funcţionarea cazanului este asigurată printr-un sistem electronic împotriva oricăror deranjamente posibile. Printr-o funcţionare de probă făcută în fabrică, cazanul este reglat pentru debitul efectiv. Cazanul se montează fără fundaţie. După ce s-au racordat conductele de combustibil, de apă, de abur şi instalaţia electrică, cazanul este în stare de funcţionare.

STANDARD-CONDORKESSEL (cazanele Condor-standard) s-au verificat în toate domeniile termoenergeticii şi electroenergeticii. Ele se utilizează la presiuni înalte pentru producerea de abur saturat şi supraîncălzit, la joasă presiune şi pentru apă supraîncălzită. Există peste 30 de mărimi de cazane cu debite de abur de la 160 kg/h la 20 t/h. Presiunea atinge 25 kgf/cm², în funcţie de mărimea cazanului. Pentru valori mai mari, producem STANDARD-PORTAKESSEL (cazane Porta-standard), cazane acvatubulare de construcţie compactă.

STANDARDKESSEL DUISBURG

SKG
STANDARD

R. F. a Germaniei

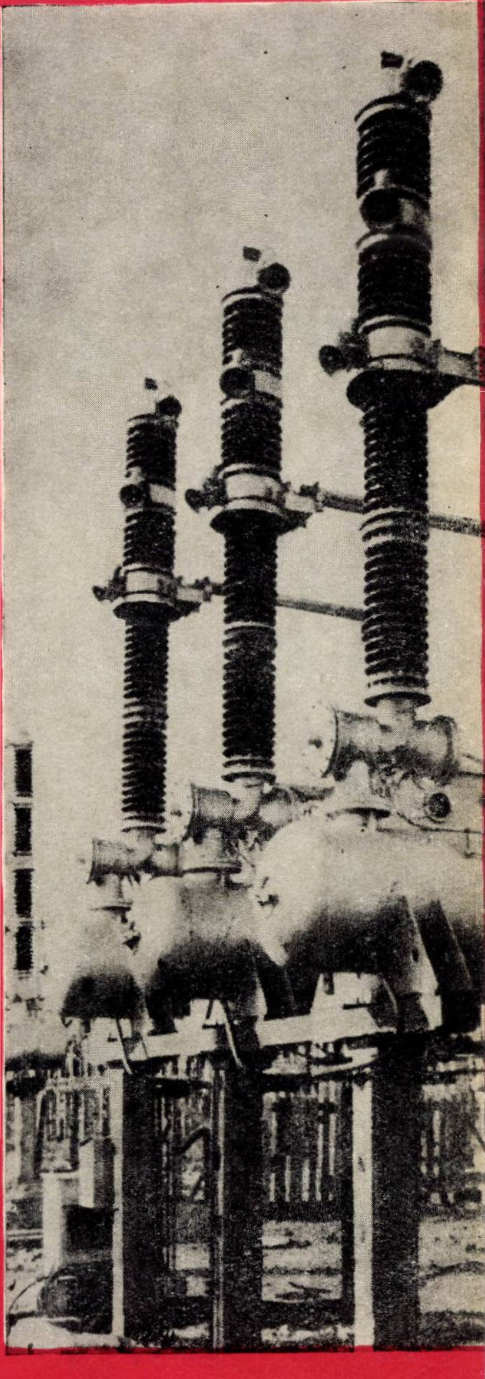
41 Duisburg
Wilhelmshöhe
☎ 02131 / 3 43 41
0855 650

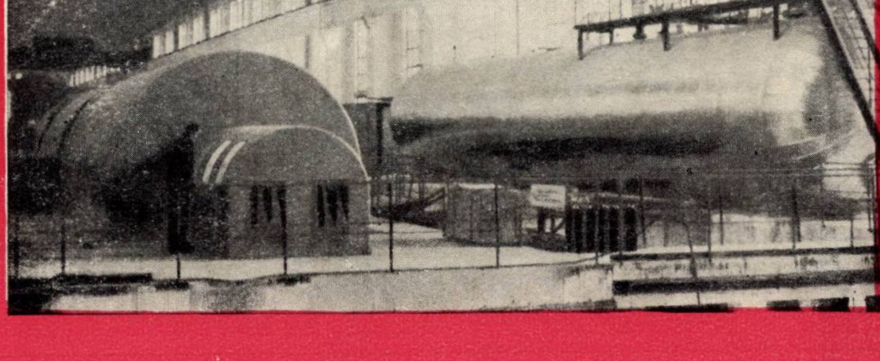
INTREPRINDEREA

ENERGOMONTAJ

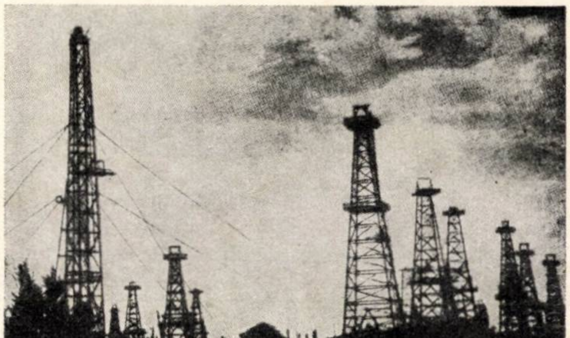
execută lucrări de montaj:

- Cazane de abur cu parametri ridicați:
  - — 500 t abur/h 215 at, 514°C
  - — 640 t abur/h, 140 at, 570°C
- Turbine cu abur de la 6 MW la 315 MW
- Turbine cu gaze
- Turbine hidraulice de la 5,5 MW la 170 MW
- Compensatoare sincrone
- Instalații termomecanice auxiliare ale centralelor termoelectrice și echipament hidromecanic
- Instalații electrice de joasă, înaltă și foarte înaltă tensiune
- Instalații de măsură, control și automatizare

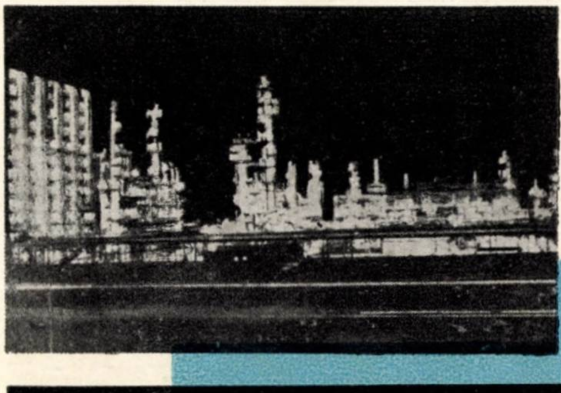




ÎNTREPRINDEREA REGIONALĂ DE ELECTRICITATE PLOIEȘTI



- *produce, transportă și distribuie energie electrică în rețele de înaltă, medie și joasă tensiune*
- *proiectează, execută și exploatează:*
  - **— posturi și stații de transformare**
  - **— linii electrice aeriene și subterane de transport și distribuție**
  - **— instalații electrice interioare și de iluminat exterior**



sediul în Cîmpina
str. Culturii nr. 33
Telefon 2150; 2151

TRUSTUL

Electromontaj

Execută prin unitățile sale de construcții

- Stații electrice și posturi de transformare
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuție
- Electrificări rurale

Produce prin unitățile sale industriale:

- Stîlpi metalici
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionați
- Celule și panouri pentru centrale și stații electrice
- Posturi de transformare urbane și rurale complet prefabricate
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, stații, posturi de transformare și linii electrice de transport și distribuție

BUCUREȘTI, CALEA MOȘILOR 158 – TELEFON 16.63.30

ICMP

ÎNTREPRINDEREA DE CONSTRUCŢII
METALICE ŞI PREFABRICATE

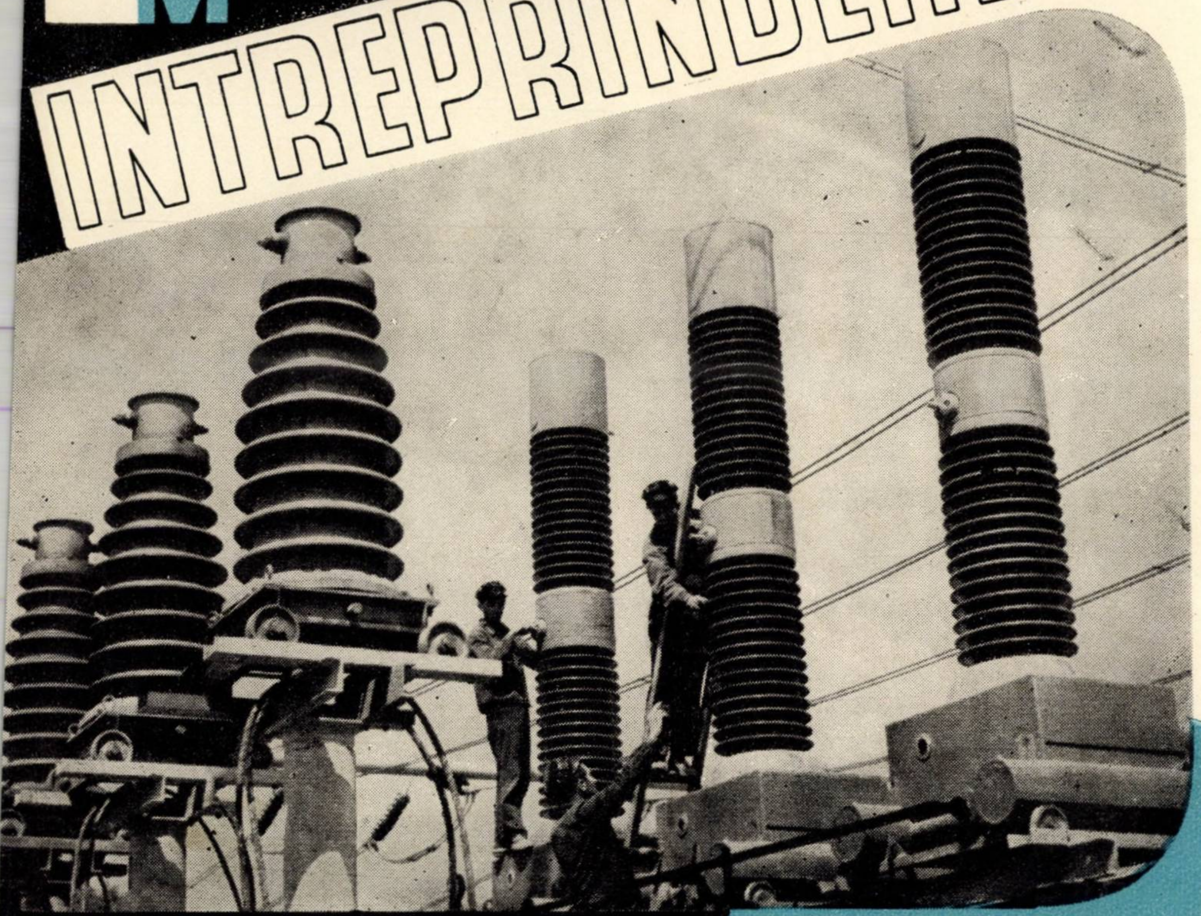
Execută prefabricate pentru şantierele energetice de linii electrice de înaltă tensiune şi foarte înaltă tensiune şi staţiile electrice

- Stîlpi metalici 3,5 kV — 400 kV
- Stîlpi de beton 0,4 kV — 110 kV
- Cadre de staţii 110 kV — 220 kV
- Cleme şi armături pentru linii şi staţii electrice
- Celule de staţii de interior şi exterior de 6-20 kV
- Posturi de transformare în celule de interior
- Posturi de transformare metalice pentru şantier sau alimentări urbane în construcţie capsulată
- Panouri de comandă, protecţie şi măsură pentru staţii electrice.

BUCUREŞTI • ŞOSEAUA GIURGIULUI Nr. 305 • TELEFON 23.87.20

EM

INTREPRINDEREA



ELECTROMONTAJ

București, Str. Candiano Popescu Nr. 1 — tel. 23.88.30

Execută :

- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuție
- Rețele electrice în cablu subteran pînă la 110 kV
- Stații de transformare de 35-400 kV
- Stații de distribuție și posturi de transformare
- Rețele de iluminat public
- Electrificări rurale

MEE

1968 OKT 16

ODPT

M
E
E
ODPT

OFICIUL DE DOCUMENTARE ŞI PUBLICAŢII TEHNICE

Splaiul Independenţei nr. 49
Bucuresti, Raion V. I. Lenin

OFICIUL DE DOCUMENTARE ŞI PUBL
CAŢII TEHNICE AL MINISTERULUI ENE
GIEI ELECTRICE este organul de special
tate pentru informarea şi documentare
tehnică în ramura energetică şi pentr
editarea şi difuzarea publicaţiilor tehnic
departamentale

- O.D.P.T. — M.E.E. editează şi difuzea
  ză revistele tehnice de specialitate di
  ramura energetică.
- O.D.P.T.—M.E.E. editează şi difuzeaz
  materialul tehnic documentar periodi
  pentru ramura energetică.
- O.D.P.T.—M.E.E. execută la cerere tra
  ducerea din orice limbă a materialelo
  tehnice documentare speciale: articol
  şi note tehnice, prescripţii şi documen
  taţii tehnice, cataloage de produse
  prospecte tehnice etc.
  Pe baza Catalogului de traduceri, pu
  blicaţie periodică lunară, solicitatori
  pot obţine, în condiţii economice, tra
  duceri existente în biblioteca Oficiului
- O.D.P.T.—M.E.E. editează şi difuzeaz
  publicaţiile tehnice departamentale
  prescripţii tehnice (normative, regula
  mente, instrucţiuni, condiţii tehnice
  circulări, fişe tehnologice, norme in
  terne), norme de protecţia muncii, stu
  dii şi memorii tehnice, lucrări de sin
  teză etc.
- O.D.P.T.—M.E.E. editează şi difuzeaz
  materialul de popularizare şi propa
  gandă tehnică şi tehnico-economică
  afişe, pliante, broşuri, albume etc.

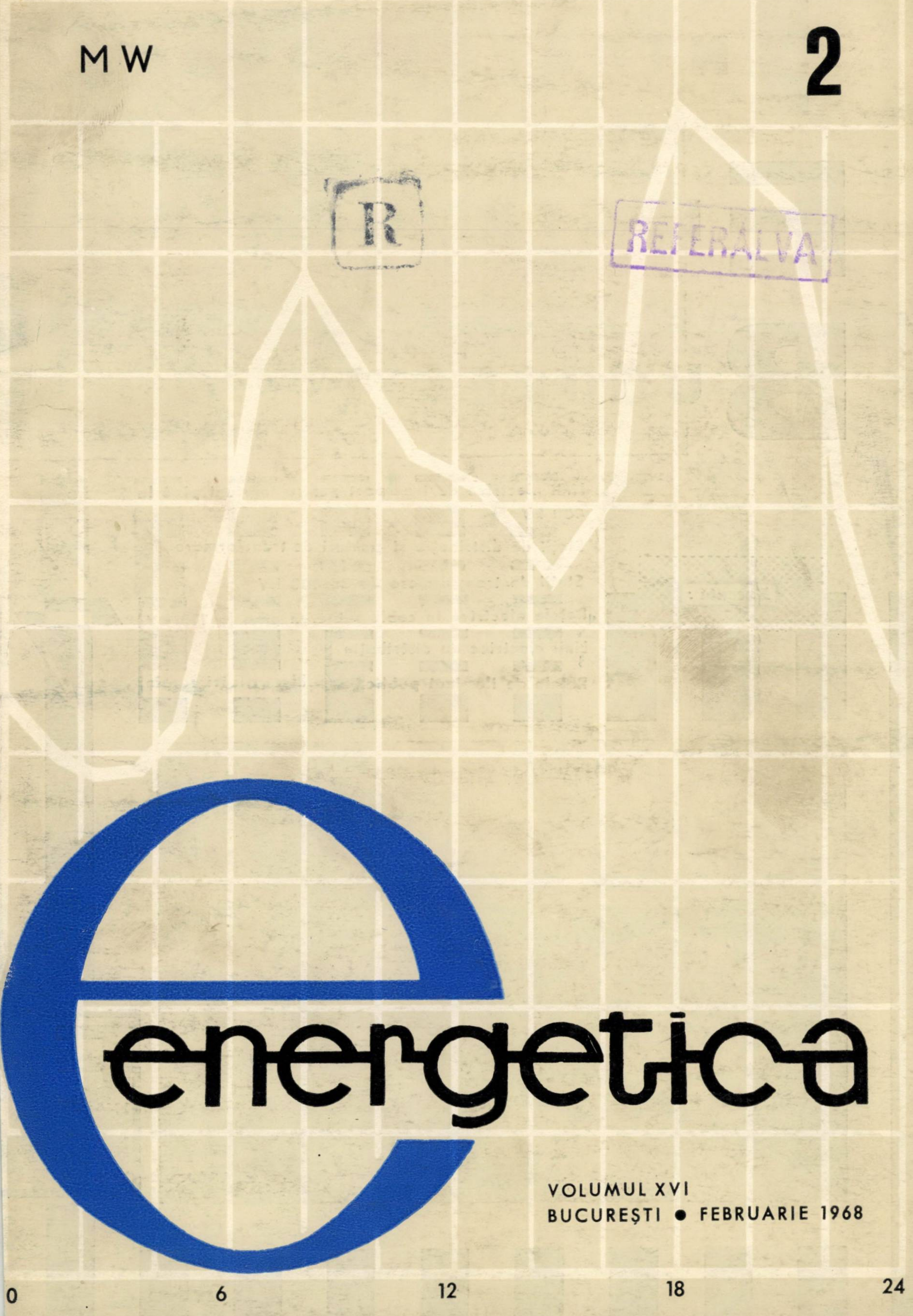
Abonaţi-vă la revistele şi produsele perio
dice editate de O.D.P.T. pentru a fi l
curent şi a vă documenta temeinic în toat
problemele tehnice de cercetare, proiectare
execuţie şi exploatare care interesează ra
mura energetică.

Procuraţi-vă publicaţiile tehnice departa
mentale editate de O.D.P.T., care vă ţi
la curent cu linia de urmat şi dispoziţiil
tehnice în vigoare, în toate problemele c
interesează ramura energetică.

E 2039

R

REFERALVA


MW
0
6
12
18
24

2

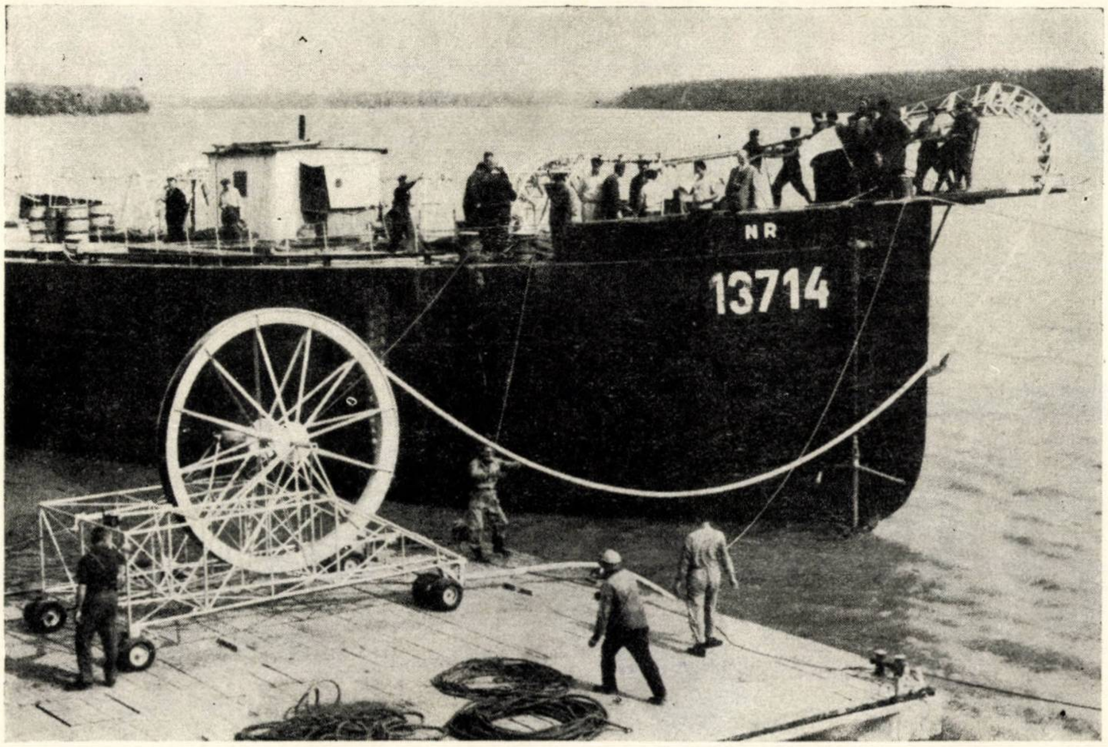
energetica

VOLUMUL XVI
BUCUREȘTI • FEBRUARIE 1968

INTREPRINDEREA ELECTROMONTAJ BUCUREȘTI

Execută :

- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Stații de distribuție și posturi de transformare
- Stații de transformare de 35-400 kV
- Rețele electrice în cablu subteran pînă la 110 kV
- Linii electrice de distribuție
- Rețele de iluminat public
- Electrificări rurale



ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1968

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 16 Nr. 2 FEBRUARIE

Cuprinsul

Golici, D. : **Contribuții la determinarea consumului specific de căldură în condiții de sarcină variabilă** 49–53

Berbece, C. : **Reglarea temperaturii aburului la cazanele cu tambur. Scheme și metode de acordare** 53–59

Crețu, D. și *Marini, G.* : **Caracteristicile electroenergetice specifice tracțiunii electrice în zona Brașov — Cîmpina** 59–67

Iacobescu, Gh. : **Determinarea tensiunii tranzitorii de restabilire prin metoda undelor staționare** 67–75

Albert, H. : **Considerații privind conservarea puterilor în schemele cu generator echivalent** 76–79

Solomon, I. : **Măsura potențialului energetic eolian** 80–83

TRATAREA APEI IN CENTRALELE TERMOELECTRICE

Fendrihan, L. : **Aspecte privind tratarea chimică a cazanelor de abur în R. D. G.** 83–85

Lucian O. Filip : **Noi aspecte ale neutralizării apelor reziduale în instalațiile de demineralizare** 86–89

ENERGETICA PESTE HOTARE

Vasilescu, N. și *Florescu A.* : **Reactoare de putere cu apă grea** 89–94

CRONICĂ

RECENZII

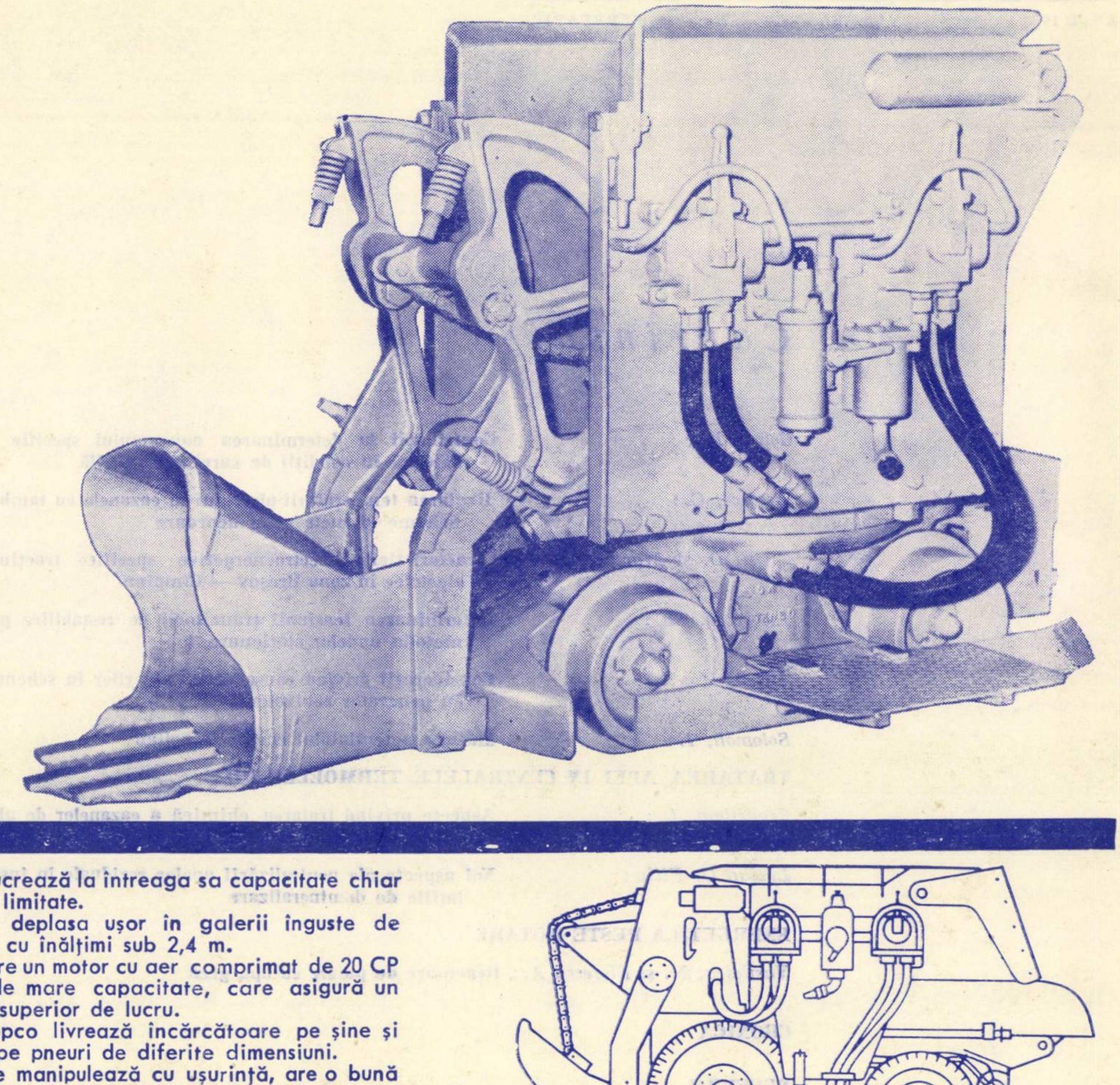
INFORMAȚII TEHNICE

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing. I. D. STANCESCU, redactor responsabil, ing. G. IORGULESCU redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, ing. ST. BERENGHI, conf. ing. A. COGALNICEANU conf. ing. E. CONSTANTINESCU, ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, laureat al Premiului de Stat, ing. H. FURTUNESCU, ing. L. LUCA, ing. B. MARCU, ing. A. MACRIȘ, conf. ing. C. MIHĂILEANU, conf. ing. V. NITU, ing. A. SPINU

OFICIUL DE DOCUMENTARE ȘI PUBLICAȚII TEHNICE
AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE

L M 56 încarcă 60 m³ pe oră de rocă explodată



L M 56 lucrează la întreaga sa capacitate chiar și în spații limitate.

Se poate deplasa ușor în galerii înguste de 2—2,5 m și cu înălțimi sub 2,4 m.

L M 56 are un motor cu aer comprimat de 20 CP și o cupă de mare capacitate, care asigură un randament superior de lucru.

Atlas Copco livrează încărcătoare pe șine și basculante pe pneuri de diferite dimensiuni.

L M 56 se manipulează cu ușurință, are o bună vizibilitate și o mare viteză de funcționare, iar cupa pătrunde ușor în materialul de încărcat.

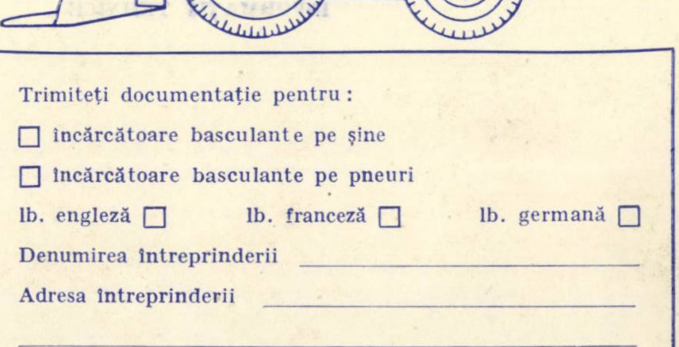
Desenul din dreapta reprezintă încărcătorul basculant pe pneuri.

La cerere puteți obține documentație tehnică gratuită folosind cuponul alăturat.

Încercuiți pătratul utilajului care vă interesează și pătratul corespunzător limbii în care doriți să primiți documentația tehnică, notați denumirea și adresa întreprinderii dv., tăiați cuponul și expediați-l pentru:

ATLAS COPCO AB,
Stockholm 1 — SUEDIA

Atlas Copco



Trimiteți documentație pentru:

☐ încărcătoare basculante pe șine

☐ încărcătoare basculante pe pneuri

lb. engleză ☐ lb. franceză ☐ lb. germană ☐

Denumirea întreprinderii ____________

Adresa întreprinderii ____________

6/68

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.313.322–81 : 536.63

Голич, Д. **Вклады в определение удельного расхода тепла в условиях переменной нагрузки**

Приводятся замечания и дополнения к методам определения коэффициента поправки удельного расхода тепла при переменах нагрузки. Устанавливаются коэффициенты поправки при изменении электрической нагрузки по группам конденсационных турбогенераторов, а также электрической нагрузки и тепловой нагрузки по группам теплофикационных турбогенераторов.

Energetica 16 (1968), №.2, стр. 49–53

ДК 621.181 :621.316.7

Бербече, К.: **Регулирование температуры пара котлов с барабаном. Схемы и методы регулирования**

Приводятся различные решения регулировки температуры перегретого пара, анализируются методы их уточнения, указанные схемы приводятся к эквивалентным схемам с одним контуром. Указывается сособ качественного анализа схем регулирования температуры.

Energetica 16 (1968), №. 2, стр. 53–59

ДК 621.33 (498)

Крецу, Д. и *Марини, Г.:* **Электроэнергетические характеристики, которые специфичны электротяге в зоне Брашов-Кымпина**

Приводятся вкратце удельные параметры железнодорожной электротяги, методы определения этих параметров и результаты измерений, произведенных на станциях, снабжающих электрифицированную железнодорожную линию Брашов-Кымпина.

Energetica 16 (1968), №. 2, стр. 59–67

ДК 621.316.5.064.31

Якобеску, Г.: **Определение переходного восстановительного наряжения при помощи метода стационарных волн**

Описываемый метод предоставляет возможность осуществления эквивалентных схем исчисления с концентрированными параметрами, с подобными первоначальным схемам собственными частотами. Метод предполагает использование теоремы Тевенина и позволяет определить собственные частоты и их амплитудына выводах выключателей, разъединяющих линии электропередачи.

Energetica 16 (1968), №. 2, стр. 67–75

ДК 621.31 : 621.3.012.8

Альберт, Х.: **Соображения относительно консервирования мощностей в схемах с эквивалентным генератором**

Характеристики в связи с экбивалентным генерал тором, применяемым в исследованиях системы.

Energetica 16 (1968), №. 2, стр. 76–79

ДК 621.311.24

Соломон, И.: **Измерение энергетического эолианового потенциала**

Демонстрируется , что данная практика развития энергетических возможностей эолиановой зоны на основе арифметического среднего числа скоростей ветра приводит к значительной недооценке этих возможностей, правильное значение которых можно получить лишь на основе среднего кубического числа данных скоростей.

Energetica 16 (1968), №. 2, стр. 80–83

ДК 621.187.3.

Фендрихан, Л.: **Аспекты в связи с химической обработкой паровых котлов в ГДР**

Energetica, 16 (1968), №. 2, стр. 83–85

ДК 628.543

Лучиан О. Филип: **Новые аспекты обезвреживания сточной воды в установках деминирализации**

Energetica 16 (1968), №. 2, стр 86–89

Василеску, Н. и *Флореску, А.* : **Реактор с тяжолой водой**

Energetica 16 (1968), № 2, стр. 89–94

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.313.322–81 : 536.63

Golici, D. : **Beitrag zur Ermittlung des spezifischen Wärmeverbrauchs bei veränderlichen Belastungsbedingungen von Wärmekraftwerken**

Es werden Einwände und Zusätze zu Ermittlungsverfahren des Berichtigungsbeiwerts des spezifischen Wärmeverbrauchs bei Lastschwankungen erörtert und neue Berichtigungsfaktoren für Veränderung der elektrischen Belastung von Kondensationsturbinen sowie der elektrischen und thermischen Belastung von Anzapfturbinen vorgeschlagen.

Energetica 16 (1968), H. 2, S. 49–53

DK 621.181 : 621.316.7

Berbece, C. : **Dampftemperaturregelung bei Trommelkesseln. Schaltbilder und Abstimmverfahren**

Nach Darstellung der verschiedenen für Steuerung von überhitzem Dampf angewendeten Verfahren werden Abstimmverfahren untersucht, wobei für die erwähnten Schaltbilder lineare Ersatzschaltbilder gegeben werden. Es wird auf die Möglichkeit der Vornahme qualitativer Analysen der Schaltbilder für Temperaturregelung hingewiesen.

Energetica 16 (1968), H. 12, S. 53–59

DK 621.33(498)

Creţu, D. und *Marini, G.* : **Energiewirtschaftliche Merkmale der elektrischen Zugbeförderung auf der Strecke Braşov-Cîmpina**

Es werden zusammenfassend Parameter und Merkmale der elektrischen Zugbeförderung, Versuchsverfahren zur Ermittlung derselben und Ergebnisse von in den Einspeisewerken der Strecke Braşov-Cîmpina vorgenommenen Messungen dargestellt.

Energetica 16 (1968), H. 2, S. 59–67

DK 621.316.5.064.31

Iacobescu, Gh. : **Ermittlung der transienten Wiederkehrspannung vermittels stationärer Wellen**

Das beschriebene Verfahren bietet die Möglichkeit Ersatzschaltbilder mit zusammengefassten Parametern zu entwerfen, deren Eigenfrequenzen denen der ursprünglichen Schaltbildern entsprechen. Das Verfahren setzt die Anwendung des Thévenin-Theorems voraus und ermöglicht eine Ermittlung der Eigenfrequenzen sowie deren Amplitüden an den das Netz abschaltenden Schalterklemmen.

Energetica 16 (1968), H. 2, S. 67–75

DK 621.31 : 621.3.012.8

Albert, H. : **Betrachtungen zur Einhaltung der Leistungen in Schaltbildern mit Ersatzgeneratoren**

Merkmale von Untersuchungen von Verbundnetzen in Betracht gezogenen Ersatzgeneratoren.

Energetica 16 (1968), H. 2, S. 76–79

DK 621.311.24

Solomon, I. : **Messung des Windkraftpotentials**

Es wird nachgewiesen, dass das gegenwärtig angewendete Einschätzungsverfahren des Energiepotentials einer Windstelle auf Grund des Mittelwerts der Windgeschwindigkeiten zu einer beträchlichen Unterbewertung dieses Potentials führt, dessen genauerer Wert sich nur aus dem Mittelwert des Kubus der Geschwindigkeiten ermitteln lässt.

Energetica 16 (1968), H. 2, S. 80–83

DK 621.187.3

Fendrihan, L. : **Über die chemische Behandlung von Dampfkesseln in der D. D. R.**

Energetica 16 (1968), H. 2, S. 83–85

DK 628.543

Lucian, O. Filip : **Neue Merkmale der Abwässer neutralisierung in Entmineralisierungsanlagen**

Energetica 16 (1968), H. 2, S. 86–89

Vasilescu, N. und *Florescu, A.:* **Schwerwasserreaktoren**

Energetica 16 (1968), H. 2, S. 89–94

SOMMAIRE

CD 621.313.322–81 : 536.63

Golici, D. : **Contributions à l'établissement de la consommation spécifique de chaleur en cas de charge variable**

L'auteur présente quelques remarques et compléments à certaines méthodes de détermination du facteur de correction de la consommation spécifique de chaleur en cas de charge variable. Il établit les facteurs de correction pour la variation de la charge électrique des groupes turbo-alternateurs de condensation, ainsi que de la charge électrique et thermique des groupes turbo-alternateurs de chauffage à distance.

Energetica 16 (1968), no. 2, p. 49–53

CD 621.181 : 621.316.7

Berbece, C. : **Le contrôle de la température de la vapeur dans les chaudières à tambour**

Après avoir présenté quelques solutions pour le réglage de la température de la vapeur surchauffée, l'auteur traite des méthodes pour les mettre d'accord en amenant les schémas susdits à des schémas équivalents monofilaires. Il indique aussi la manière de faire l'analyse de qualité des schémas de réglage de la température.

Energetica 16 (1968), no. 2, p. 53–59

CD 621.33(498)

Creţu, D. et *Marini, G.* : **Les caractéristiques électro-énergétiques spécifiques pour la traction électrique dans la zone Braşov-Cîmpina**

C'est une présentation succinte des paramètres et des caractéristiques spécifiques à la traction électrique ferroviaire, des méthodes expérimentales employées pour les déterminer et des résultats des mesures faites dans les stations d'alimentation du chemin de fer électrique Braşov-Cîmpina.

Energetica 16 (1968), no.2, p. 59–67

CD 621.316.5.064.31

Iacobescu, Gh. : **Détermination de la tension transitoire de rétablissement par la méthode des ondes stationnaires**

La méthode que l'on propose offre la possibilité de créer des schémas équivalents de calcul avec des paramètres concentrés qui possèdent les mêmes fréquences propres que les schémas initiaux. Elle suppose l'application du théorème de Thévenin et permet de déterminer les fréquences propres et leurs amplitudes aux bornes des disjoncteurs coupant la ligne.

Energetica 16 (1968), no.2, p. 67–75

CD 621.31 : 621.3.012.8

Albert, H. : **Considérations sur la conservation des puissance dans les schémas avec alternateur équivalent**

Caractérisations concernant l'alternateur équivalent utilisé dans les études du réseau.

Energetica 16 (1968), no.2, p. 76–79

CD 621.311.24

Solomon, I. : **La mesure du potentiel énergetique éolien**

L'auteur démontre que la pratique actuelle employée pour évaluer le potentiel énergétique d'une zone éolienne, basée sur la moyenne aritmétique des vitesses du vent, mène vers une sousestimation importante de ce potentiel, dont la valeur précise peut être obtenue seulement à partir de la moyenne cubique de ces vitesses.

Energetica 16 (1968), no. 2, p. 80–83

CD 621.187.3

Fendrihan, L. : **Quelques aspects concernant le traitement chimique des chaudières à vapeur dans la République Démocratique Allemande**

Energetica 16 (1968), no.2, p. 83–85

CD 628.543

Lucian O. Filip : **Nouveaux aspects de la neutralisation des eaux résiduelles dans les installations de démineralisation**

Energetica 16 (1968), no. 2, p. 86–89

Vasilescu, N. et *Florescu, A.*: **Réacteurs à eau lourde**

Energetica 16 (1968), no. 2, p. 89–84

CONTENTS

DC 621.313.322–71 : 536.63

Golici, D.: **Contributions to the establishing of the specific heat rate under conditions of variable load**

Here are some observations and completions to several methods used to establish the corection factor of the heat rate in case of variable load. The author sets up correction factors under power load variation for condensing type turbine generators as well as power and heat load variations for turbine generators used fore district heating purposes.

Energetica 16 (1968), nr. 2, p. 49–53

DC 621.181 : 621.316.7

Berbece, C: **Steam temperature control for drum boilers. Schemes and adjusting methods**

After giving various solutions for controlling the temperature of superheated steam, the author presents methods used to adjust them by bringing up their schemes to single line equivalent schemes. He also shows how to do the quality analysis of temperature control schemes.

Energetica 16 (1968, nr. 2, p. 53–59

DC 621.33(498)

Creţu, D. and *Marini, G.*: **Power characteristics specific to electric traction in the Braşov-Cîmpina zone**

This is a brief presentation of the parameters and characteristics specific to electric railway traction, the experimental methods used to establish them and results of measurements made in the power supply stations of the electric line Braşov-Cîmpina.

Energetica 16 (1968), nr. 2, p. 59–67

DC 621.316.5.064.31

Iacobescu, Gh.: **How to determine transient recovery voltage by the method of stationary waves**

The method presented in this article offers the opportunity to draw up equivalent schemes of calculations with concentrated parameters, having the same natural frequencies as the initial schemes. It supposes the use of the Thévenin theorem and permits to establish natural frequencies and their amplitude at the terminals of circuit breakers cutting of power lines.

Energetica 16 (1968), nr. 2, p. 67–75

DC 621.31 : 3.012.8

Albert, H.: **Considerations concerning power conservation in schemes using equivalent generators**

Some specifications about the equivalent generator used in power system studies.

Energetica 16 (1968), nr. 2.p. 76–79

DC 621.311.24

Solomon, I.: **Measuring the power potential of the wind**

The author demonstrates that the present practice of calculating the power potential of a wind area on the basis of the arithmetic mean of wind velocities leads to an impressive under-estimation of the same ; the true value can be obtained only by starting with the cubic mean of these velocities.

Energetica 16 (1968), nr. 2. p. 80–83

DC 621.187.3

Fendrihan, L.: **Some aspects of the chemical treatment of steam boilers in the German Democratic Republic**

Energetica 16 (1968), nr. 2, p. 83–85

DC 628.543

Lucian O. Filip: **New aspects of waste water neutralization in demineralization plants.**

Energetica 16 (1968), nr. 2, p. 86–89

Vasilescu, N. and *Florescu, A.*: **Heavy water reactors**

Energetica 16 (1968), nr. 2, p 89–94.

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 16 Nr. 2 FEBRUARIE

ORSZÁGOS MŰSZAKI DOKUMENTÁCIÓS

Contribuţii la determinarea consumului specific de căldură în condiţii de sarcină variabilă

Ing. D. Golici [*]

Funcţionarea grupurilor turbogeneratoare cu sarcină variabilă conduce la un consum specific de căldură, mediu pe o perioadă de funcţionare, diferit de cel pentru sarcina nominală sau optimă. Un factor important în activitatea de planificare şi urmărire a funcţionării economice a centralelor termoelectrice este corectarea consumului specific nominal sau optim pentru condiţii variabile de sarcină, determinîndu-se astfel consumul specific de căldură al unei perioade de funcţionare.

În acest domeniu au apărut în literatura tehnică o serie de lucrări, dintre care cele ale lui H. Mitschel şi T. Popa [1], [2], [3], care au stat la baza primei metodologii de calcul al consumului specific de căldură în condiţii obiective variabile de exploatare, aplicată la noi în ţară [4].

Articolul de faţă prezintă observaţii şi completări la lucrările citate mai sus.

1. Grupuri de condensaţie

1.1. *Grupuri cu caracteristică termică cu o singură zonă*

Caracteristica termică liniarizată pentru asemenea grupuri este prezentată în figura 1. În acest caz, puterea nominală coincide cu puterea optimă ($P_n = P_{opt}$). Caracteristica termică se exprimă analitic sub forma:

$$Q = Q_0 + bP \text{ [kcal/h]}. \quad (1)$$

Variaţia puterii (P) în timpul unei perioade de funcţionare se reprezintă sub forma curbei clasate a puterilor din figura 2.

H. Mitschel [1] stabileşte consumul de căldură şi factorul de corecţie al consumului specific nominal pentru o perioadă de funcţionare (T_f) plecînd de la relaţia (1) şi înlocuind pe P cu relaţia lui Soschinski, $P = f(T)$, de aproximare a curbei clasate.

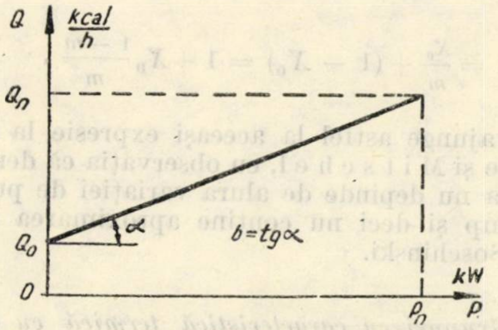


Fig. 1. Caracteristica termică liniarizată cu o singură zonă.

În continuare se vor determina aceleaşi elemente, cu evitarea relaţiei de aproximare a curbei lui Soschinski.

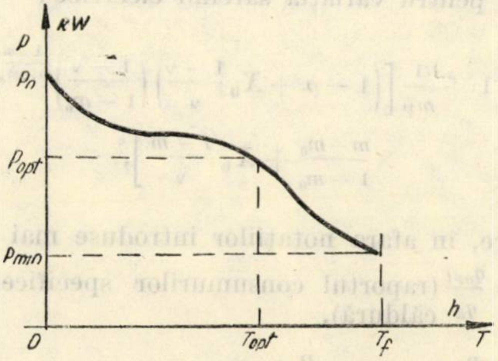


Fig. 2. Curba clasată a puterilor.

Cantitatea de căldură consumată de grup în intervalul $0 - T_f$ se determină prin integrarea relaţiei (1), după cum urmează:

$$Q^* = \int_0^{T_f} Q \cdot \mathrm{d}T = Q_0 \cdot T_f + b \cdot E \text{ [kcal]},$$

---

[*] Dan Golici este şef sector cicluri termoenergetice la Institutul de cercetări electroenergetice şi pentru termoficare (ICENERG).

în care E reprezintă energia electrică produsă în această perioadă de funcționare.

Știind că:

$$E = P_n \cdot T_n \ [\text{kWh}],$$

unde T_n reprezintă numărul de ore de utilizare a puterii nominale în perioada respectivă de funcționare,

$$b = \frac{Q_n - Q_0}{P_n}$$

și notînd

$$m = \frac{T_n}{T_f}, \quad X_0 = \frac{Q_0}{Q_n},$$

factorul de corecție al consumului specific de căldură pentru variația sarcinii electrice devine:

$$K_E = \frac{Q^*}{Q_n \cdot T_n} = \frac{Q_0 \cdot T_f + \dfrac{Q_n - Q_0}{P_n} P_n \cdot T_n}{Q_n \cdot T_n} =$$
$$= \frac{X_0}{m} + (1 - X_0) = 1 + X_0 \frac{1 - m}{m}. \tag{2}$$

Se ajunge astfel la aceeași expresie la care ajunge și Mitschel, cu observația că demonstrația nu depinde de alura variației de putere în timp și deci nu conține aproximarea relației Soschinski.

1.2. *Grupuri cu caracteristică termică cu două zone*

Procedînd ca Mitschel la pct. 1, prin integrarea funcției $Q = f(T)$ pe ambele zone ale caracteristicii termice, T. Popa [3] stabilește factorul de corecție al consumului specific optim pentru variația sarcinii electrice:

$$K_E = 1 + \frac{1}{m\mu}\left[\left(1 - \mu + X_0 \frac{1 - \nu}{\nu}\right)\left(\frac{1 - \nu}{1 - m_0}\right)^{\frac{1-m}{m-m_0}} \times\right.$$
$$\left. \times \frac{m - m_0}{1 - m_0} + X_0 \frac{\nu - m}{\nu}\right], \tag{3}$$

în care, în afara notațiilor introduse mai sus,

$\mu = \dfrac{q_{opt}}{q_n}$ (raportul consumurilor specifice de căldură),

$$\nu = \frac{P_{opt}}{P_n}, \quad m_0 = \frac{P_{min}}{P_n}.$$

Pentru o utilizare rapidă a relației (3) este necesară o precalculare tabelară a lui K_E funcție de X_0, m, m_0, ν și μ, redată în [3].

În cele ce urmează se prezintă încă două modalități pentru determinare lui K_E.

Ecuația caracteristicii termice, redată în figura 3, poate fi scrisă sub forma:

$$Q = Q_0 + bP \ [\text{kcal/h}], \text{ în domeniul } 0 - P_{opt}$$
$$Q = Q_0 + bP + (b_s - b)(P - P_{opt}) \ [\text{kcal/h}], \tag{4}$$

în domeniul $P_{opt} - P_n$,

în care:

b este creșterea relativă a consumului de căldură în zona $0 - P_{opt}$, kcal/kWh;

b_s — idem, pentru zona $P_{opt} - P_n$.

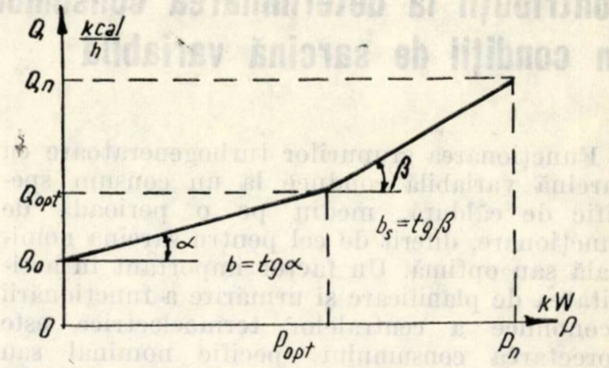


Fig. 3. Caracteristica termică liniarizată cu două zone.

Notînd $b_z = b_s - b$, consumul de căldură al grupului într-un timp de funcționare T_f este:

$$Q^* = \int_0^{T_f} Q \cdot \mathrm{d}T = Q_0 T_f + bE +$$
$$+ b_z \int_0^{T_{opt}} (P - P_{opt})\,\mathrm{d}T = \tag{5}$$
$$= Q_0 \cdot T_f + bE + b_z (E - E_{opt}) \ [\text{kcal}],$$

unde E_{opt} este energia produsă cu puteri mai mici sau egale cu P_{opt}, respectiv

$$E_{opt} = P_{opt} \cdot T_{opt} + \int_{T_{opt}}^{T_f} P \cdot \mathrm{d}T.$$

Factorul de corecție pentru consumul specific nominal devine, astfel:

$$K_E = \frac{Q_0 \cdot T_f + bE + b_z (E - E_{opt})}{q_n \cdot E}, \tag{6}$$

iar pentru consumul specific optim:

$$K_E = \frac{Q_0 \cdot T_f + bE + b_z (E - E_{opt})}{q_{opt} \cdot E}. \tag{7}$$

E_{opt} se determină fie din date statistice de exploatare, fie — în lipsa acestora sau pentru situații de perspectivă — pe cale grafică, trasînd curba clasată a puterilor cu ajutorul relației Soschinski:

$$P = P_n\left[1 - (1 - m_0)\left(\frac{T}{T_f}\right)^{\frac{m - m^0}{1 - m}}\right] [\text{kW}], \tag{8}$$

în care m_0, în lipsa unor date exacte, poate fi aproximat cu relația lui Schnauss [5]:

$$m_0 = 0{,}04\ \alpha_{vf} + 0{,}65 \cdot \alpha_{vf}^2 + 143\ \alpha_{vf}^3,$$

unde:

$$\alpha_{vf} = \frac{P_{mediu\ calendaristic}}{P_{vîrf}}$$

$$P_{med.\ calend.} = \frac{E}{T_{calendaristic}}.$$

$P_{vîrf}$ este puterea maximă de vîrf produsă în perioada considerată.

În cazul în care E_{opt} nu se cunoaște din date statistice, factorul de corecție se poate determina pe cale analitică, după cum urmează:

Introducînd în relația (5) pe P din relația (8) și integrînd, se obține:

$$Q^* = Q_0\ T_f + bE +$$
$$+ b_z \cdot P_n\ (m - m_0) \left[\frac{P_n - P_{opt}}{P_n(1-m_0)}\right]^{\frac{1-m_0}{m-m_0}} \cdot T_f.$$

Sau notînd ca mai sus $\nu = \frac{P_{opt}}{P_n}$.

$$Q^* = Q_0\ T_f + bE +$$
$$+ b_z \cdot P_n\ (m - m_0) \left(\frac{1-\nu}{1-m_0}\right)^{\frac{1-m_0}{m-m_0}} \cdot T_f.$$

Factorul de corecție pentru consumul specific nominal $K_E = \frac{Q^*}{Q_n \cdot T_n}$ devine:

$$K_E = \frac{X_0}{m} + \frac{b}{q_n} + \frac{b_z(m-m_0)}{q_n \cdot m} \left(\frac{1-\nu}{1-m_0}\right)^{\frac{1-m_0}{m-m_0}}. \quad (9)$$

Factorul de corecție pentru consumul specific optim $K_E = \frac{Q}{Q_{opt} \cdot \frac{T_n}{\nu}}$, notînd cu $X'_0 = \frac{Q_0}{Q_{opt}}$ devine:

$$K_E = \frac{X'_0}{m}\nu + \frac{b}{q_{opt}} + \frac{b_z(m-m_0)}{q_{opt} \cdot m} \left(\frac{1-\nu}{1-m_0}\right)^{\frac{1-m_0}{m-m_0}}. \quad (10)$$

2. Grupuri de termoficare

Pentru aceste grupuri se determină factorul de corecție a consumului specific de căldură pentru producerea energiei electrice, la variația sarcinii electrice și termice.

2.1. *Turbine de condensație cu prize reglabile*

Consumul de căldură pentru producerea energiei electrice se poate scrie după Levental și Melentiev [6] sub forma:

$$Q^* = Q_0\ T_f + b_k\ E - (b_k - b_T)\ E_T\ \text{[kcal]}, \quad (13)$$

în care

Q_0 este consumul de căldură la mersul în gol, care se poate determina ca o valoare medie între consumul de mers în gol în regim de condensație și termoficare din relația:

$$Q_0 = Q_{0(k)} - 0{,}08\ (Q_{0I} + Q_{0II}), \quad (14)$$

unde

$Q_{0(k)}$ este consumul de mers în gol în regim de condensație, determinat din diagrama de regim, în kcal/h;

Q_{0I}, Q_{0II} — consumul de mers în gol al caracteristicii termice a prizei de termoficare I, respectiv II, în kcal/h. Acesta se determină trasînd caracteristica termică a fiecărei prize de termoficare $[Q_T = f(P_T)]$ cu ajutorul diagramei de regim și al relației:

$$Q_T = D_T\ [i_T - a \cdot i_c - (1 - a)15] \quad \text{kcal/h},$$

unde D_T este debitul de abur livrat, în kg/h.

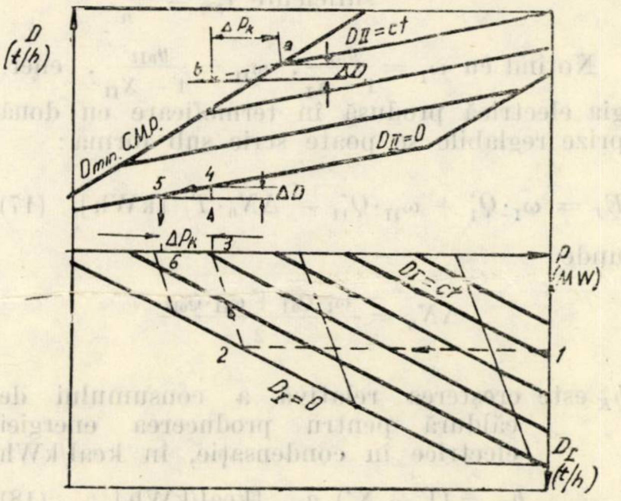


Fig. 4. Determinarea puterii (ΔP_k) produse de debitul minim în condensație (ΔD), din diagrama de regim a turbinelor de condensație cu două prize reglabile.

Din diagrama de regim se determină puterea P_T pentru regimul de contrapresiune al prizei respective (debitul pe cealaltă priză și în condensație fiind nul). Din puterea citită în diagramă trebuie scăzută puterea (ΔP_k) datorită debitului minim de abur în condensator (ΔD), determinată în figura 4.

E_T este energia electrică produsă în regim de termoficare, în kWh.

Energia electrică produsă în termoficare aferentă unei prize reglabile (de exemplu priza I)

$$E_{TI} = \frac{y_{nI}}{1 - X_I}\left(Q^*_{TI} - T_f \cdot Q_{0I}\right)\ \text{[kWh]}, \quad (15)$$

unde

$Q_{T\mathrm{I}}^*$ este căldura livrată pe priză în perioada $0 - T_f$, în kcal.

$X_{\mathrm{I}} = \frac{Q_{0\mathrm{I}}}{Q_{T\mathrm{I}\,max}}$; $Q_{T\mathrm{I}\,max}$ fiind debitul de căldură maxim orar al prizei.

$y_{n\mathrm{I}}$ este producţia specifică nominală a prizei I, determinat din relația [2]:

$$y_{n\mathrm{I}} = \frac{10^6}{i_T - a\ i_c - (1-a)\,15}\left[i_0 - i_T + \right.$$
$$\left. + (i_0 - i_{pm})\frac{i_{al} - a\cdot i_c - (1-a)\,15}{i_{pm} - i_{al}}\right] \times \frac{\eta_m\eta_g}{860} \qquad (16)$$

în care i_{al} este entalpia apei de alimentare, în kcal/kg;

$i_{pm} = \frac{i_{p1} + i_{pn}}{2}$ — semisuma entalpiilor prizelor extreme care preîncălzesc condensatul returnat de la consumul termic, sau de preferat cînd există date suficiente $i_{pm} = \frac{\sum_1^n i_{pi}}{n}$.

Notînd cu $\omega_{\mathrm{I}} = \frac{y_{n\mathrm{I}}}{1 - X_{\mathrm{I}}}$, $\omega_{\mathrm{II}} = \frac{y_{n\mathrm{II}}}{1 - X_{\mathrm{II}}}$, energia electrică produsă în termoficare cu două prize reglabile se poate scrie sub forma:

$$E_T = \omega_{\mathrm{I}}\cdot Q_{\mathrm{I}}^* + \omega_{\mathrm{II}}\cdot Q_{\mathrm{II}}^* - \Delta N_0\cdot T_f \text{ [kWh]}, \qquad (17)$$

unde

$$\Delta N_0 = \frac{\omega_{\mathrm{I}}\cdot Q_{0\mathrm{I}} + \omega_{\mathrm{II}}\cdot Q_{0\mathrm{II}}}{2}$$

b_K este creşterea relativă a consumului de căldură pentru producerea energiei electrice în condensaţie, în kcal/kWh

$$b_K = (1 - X')\ q_{Kn} \text{ [kcal/kWh]}, \qquad (18)$$

unde

$X' = \frac{Q_{0(K)}}{Q_{Kn}}$ este coeficientul de mers în gol al regimului de condensaţie, $Q_{0(K)}$ şi Q_{Kn} sînt consumurile de căldură la mersul în gol, respectiv la sarcină electrică nominală pentru regimul de condensaţie, determinate din diagrama de regim.

b_T — creşterea relativă a consumului de căldură pentru producerea energiei electrice în termoficare:

$$b_T = \frac{860}{\eta_m\eta_g} - \frac{Q_{e0}}{P_{Tn}} \text{ [kcal/kWh]}, \qquad (19)$$

în care:

Q_{e0} este componenta electromecanică a consumului de mers în gol, care se determină după [6], din relația:

$$Q_{e0} = 860\ P_n\left(\frac{a}{\eta_m\,\eta_g} - 1\right) \text{ [kcal/h]};$$

a se adopta pentru $P_n \geqslant 12$ MW: 0,97÷0,98
$P_n \leqslant 12$ MW: 0,94÷0,96

$$P_{Tn} = \omega_{\mathrm{I}}\cdot Q_{\mathrm{I}n} + \omega_{\mathrm{II}}\cdot Q_{\mathrm{II}n} - \Delta P_0.$$

Pe baza relaţiei (13) se poate stabili factorul de corecţie al consumului specific de căldură pentru producerea energiei electrice în situația nominală sau o situație de referință ($K_T = q/q_n$):

$$K_T = \frac{Q_0\frac{T_f}{E} + b_K - (b_K - b_T)\frac{E_T}{E}}{Q_0\frac{T_{fn}}{E_n} + b_K - (b_K - b_T)\frac{E_{Tn}}{E_n}}, \qquad (20)$$

în care coeficienții sînt cei explicitați mai sus, iar indicele n se referă la situația nominală sau de referință.

Deşi pare voluminos calculul lui K_T, trebuie remarcat că la calcule curente nu se determină decît E_T. E şi T_f sînt luate din statistică sau impuse, iar restul valorilor se calculează o singură dată, fiind constante pentru un grup şi o anumită schemă termică.

2.2. *Grupuri de contrapresiune fără priză reglabilă*

Caracteristica termică a acestor grupuri pentru o contrapresiune constantă este similară cu cea a grupurilor de condensaţie cu o singură zonă. Astfel, factorul de corecţie K_T poate fi calculat cu relația (2) pentru K_E, în care $x_0 = \frac{Q_{e0}}{Q_n - Q_{Tn}} = \frac{Q_{e0}}{Q_{en}}$.

Legătura dintre sarcina electrică şi sarcina termică se stabileşte cu relația [6]:

$$E = \frac{y_n}{1 - X_T}(Q_T^* + Q_{T0}\cdot T_f) \text{ [kWh]}, \qquad (21)$$

în care

$Q_{T0} = Q_0 - Q_{e0}$ este componenta termică a consumului de mers în gol, în kcal/h;

$$X_T = \frac{Q_{T0}}{Q_{Tn}}$$

Q_{Tn} — debitul de căldură în contrapresiune la sarcină electrică nominală, în kcal/h.

2.3. *Grupuri de contrapresiune cu priză reglabilă*

Factorul de corecție K_T se poate deduce din cel pentru grupuri de condensație cu două prize reglabile (20) în care se anulează regimul de condensație.

Astfel K_T devine:

$$K_T = \frac{Q_{e0}\dfrac{E_f}{E} + b_T}{Q_{e0}\dfrac{T_{fn}}{E_n} + b_T}\,. \qquad (22)$$

Relația dintre energia electrică produsă și căldura livrată este similară cu (17), în care indexul I reprezintă priza reglabilă, iar indexul II contrapresiunea.

Aceasta este forma cea mai generală a lui K_T (relația 22) pentru turbine de contrapresiune și este valabilă deci și în cazurile fără prize reglabile de la pct. 2.2.

Bibliografie

[1] Mitschel, H. *Stabilirea influenței sarcinii parțiale asupra consumului specific de căldură nominal al blocurilor.* BWK 15 (1963), nr. 11, p. 533–534.

[2] ⁂ *Metodă simplificată pentru verificarea consumului specific normat al CET.* Normativ M.E.E., 1966.

[3] Popa, T. *Determinarea consumului suplimentar de căldură pentru blocuri cu sarcină optimă diferită de cea nominală, la funcționarea cu sarcină variabilă.* BWK 18 (1966), nr. 8, p. 399.

[4] Golici, D. și Popa, T. *Metodologie pentru recalcularea consumului specific de căldură proiectat, în condiții obiective variabile.* Energetica 13 (1965), nr. 10, p. 474–486.

[5] Levai, A. *Centrale termoelectrice.* Berlin, Verlag Technik, 1959.

[6] Levental, G. B. și Melentiev, L. A. *Bazele tehnico-economice de dezvoltare a termoficării în sisteme energetice.* Moscova – Leningrad, Gosenergoizdat, 1961.

(Articol intrat în redacție la 17 octombrie 1967)

Reglarea temperaturii aburului la cazanele cu tambur. Scheme și metode de acordare

Ing. **C. Berbece** *)

Pentru o funcționare sigură și economică a agregatului cazan-turbină este necesar să se mențină temperatura aburului cît mai constantă, atît în regim staționar cît și în regim tranzitoriu.

La cazanele de abur moderne, modificarea temperaturii se face cu ajutorul unui răcitor de abur cu injecție de condensat sau apă de alimentare.

Agentul de răcire poate fi luat direct din instalație sau preparat special într-un condensator de abur (sistem Dolejal).

Reglarea debitului agentului de răcire, în funcție de temperatură, se face cu ajutorul unui circuit de reglare prevăzut special.

Performanțele sistemului de reglare (abatere dinamică maximă, durata răspunsului tranzitoriu, stabilitate etc.) depind de schema de reglare folosită, de calitatea acordării dinamice a elementelor de reglare, precum și de proprietățile statice și dinamice ale instalației automatizate.

În articolul de față se prezintă cîteva dintre cele mai uzuale scheme de reglare a temperaturii aburului la cazanele cu tambur. Se face o comparare calitativă a performanțelor acestor scheme și se indică metode de acordare.

Deoarece problema acordării unei scheme de reglare cu un singur contur este pe larg tratată în literatură, se vor prezenta numai metodele de reducere a schemelor cu mai multe contururi la o schemă cu un singur contur.

1. Scheme de reglare

1. O schemă de reglare a temperaturii aburului foarte mult utilizată în străinătate este schema de reglare în cascadă (fig. 1). Schema prezintă două contururi distincte: un contur

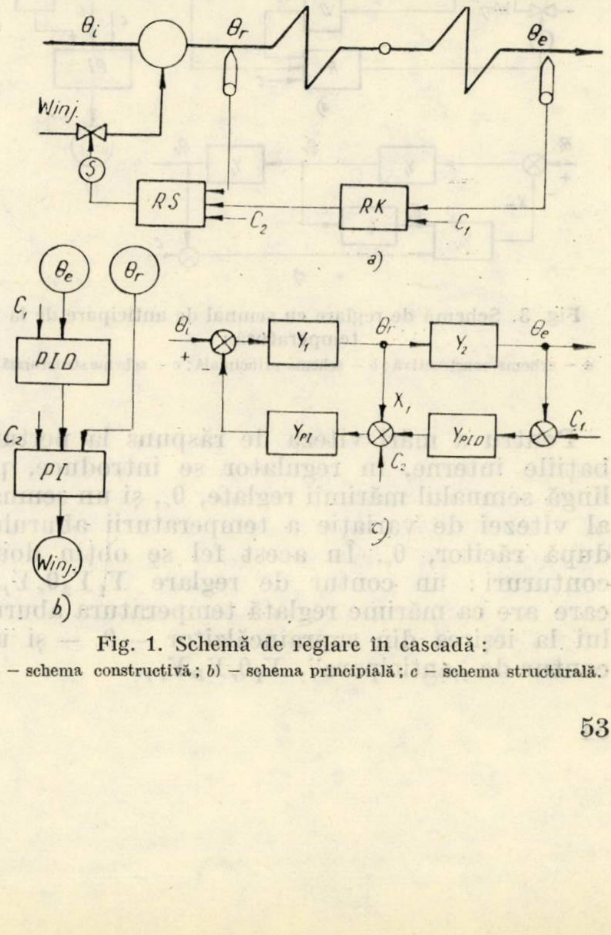


Fig. 1. Schemă de reglare în cascadă:
a – schema constructivă; *b*) – schema principială; *c* – schema structurală.

---

*) C. Berbece este inginer la Întreprinderea pentru raționalizarea și modernizarea instalațiilor energetice.

de reglare $Y_1\, Y_2\, \theta_e\, Y_{PID}\, Y_{PI}$, care are ca mărime reglată temperatura aburului la ieșire din supraîncălzitor — θ_e —, și un contur de stabilizare $Y_1\, \theta_r\, Y_{PI}$, care are ca mărime „stabilizată" temperatura aburului după răcitor — θ_r.

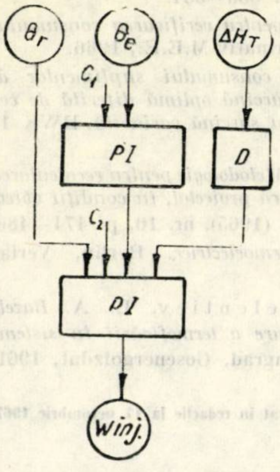


Fig. 2. Schemă de reglare în cascadă cu semnal de anticipare de la sarcină.

Semnalul mărimii θ_e se introduce în regulatorul corector, iar acesta acționează mai departe asupra mărimii de referință a celui de-al doilea regulator. Regulatorul corector poate funcționa după o lege de reglare PI sau PID. Semnalul temperaturii θ_r se introduce direct în regulatorul de stabilizare PI.

2. Schema de reglare în cascadă poate fi îmbunătățită dinamic pentru perturbațiile provenite de la turbină, prin introducerea unui semnal suplimentar al vitezei de variație a sarcinii (fig. 2).

3. O schemă de reglare simplă și cu rezultate bune în exploatare este schema de reglare a temperaturii aburului cu semnal de anticipare de la temperatură (fig. 3).

Această schemă este foarte răspîndită la cazanele de abur de construcție sovietică.

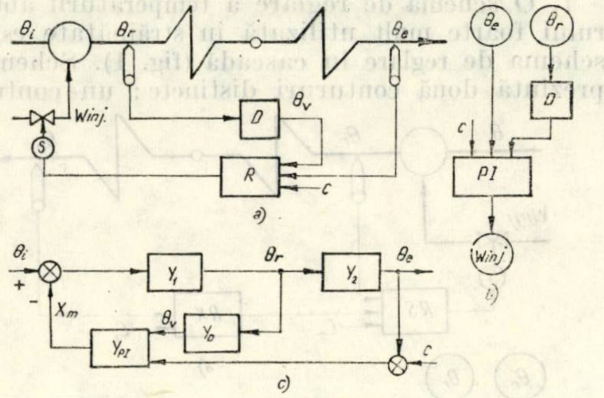


Fig. 3. Schemă de reglare cu semnal de anticipare de la temperatură :
a — schema constructivă ; b — schema principială ; c — schema structurală.

Pentru a mări viteza de răspuns la perturbațiile interne, în regulator se introduce, pe lîngă semnalul mărimii reglate, θ_e, și un semnal al vitezei de variație a temperaturii aburului după răcitor, θ_v. În acest fel se obțin două contururi : un contur de reglare $Y_1 Y_2 \theta_e Y_{PI}$, care are ca mărime reglată temperatura aburului la ieșirea din supraîncălzitor — θ_e — și un contur de „anticipare", $Y_1 \theta_r Y_D Y_{PI}$.

Semnalul vitezei de variație a temperaturii aburului după răcitor se obține cu ajutorul unui element de diferențiere, care primește printr-un termocuplu semnalul temperaturii, θ_r.

4. Comportarea dinamică a schemei de reglare poate fi îmbunătățită pentru perturbațiile de sarcină prin introducerea unui semnal suplimentar al vitezei de variație a sarcinii (fig. 4).

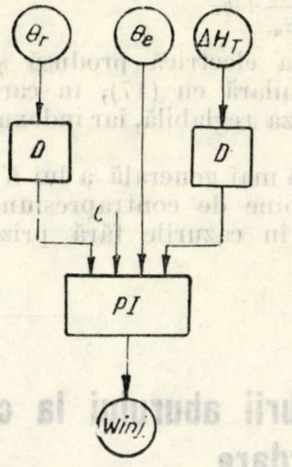


Fig. 4. Schemă de reglare cu semnal de anticipare de la temperatură și sarcină.

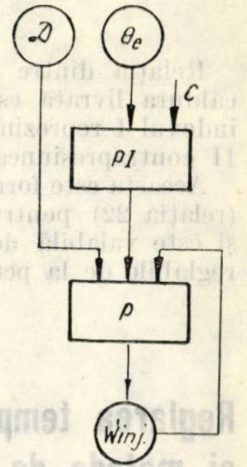


Fig. 5. Schemă de reglare cu trei semnale.

În ultimele două scheme, ca element de reglare se folosește un regulator PI, iar ca element de anticipare un diferențiator cu element de întîrziere de ordinul întîi :

$$Y_D = K_d \cdot \frac{T_d s}{1 + T_d s}.$$

5. O schemă de reglare similară cu cea folosită pentru reglarea nivelului la cazanele cu tambur este „schema de reglare cu trei semnale" (fig. 5).

Debitul de abur comandă printr-o schemă de urmărire debitul condensatului injectat. Temperatura aburului la ieșire din supraîncălzitor acționează ca o corecție prin intermediul unui regulator corector.

Deoarece debitul de condensat reacționează foarte rapid la modificarea poziției elementului de execuție, este suficient ca pentru regulatorul de urmărire să se folosească o lege de reglare P.

Schema se poate aplica numai dacă există o caracteristică statică suficient de liniară între debitul de abur și debitul de condensat la temperatură constantă a aburului, încît să nu se modifice răspunsul tranzitoriu al mărimii reglate o dată cu sarcina.

6. Schema de reglare din figura 1 se mai folosește și în varianta cu semnal suplimentar de temperatură prelevat înainte de răcitorul de abur. În acest fel, regulatorul de stabilizare lucrează numai pentru eliminarea per-

turbațiilor provenite de la suprafețele de încălzire anterioare, nu și pentru cele care apar datorită variațiilor de presiune a agentului de răcire.

Varianta se justifică în cazul cazanelor la care există pericolul ca o mărire a debitului de condensat injectat să conducă la saturarea aburului, și deci un termocuplu plasat după răcitor nu ar avea efectul scontat (la cazanele cu străbatere forțată).

7. O schemă de reglare mai economică din punctul de vedere al aparaturii poate fi realizată cu ajutorul unui regulator cu mai multe canale (fig. 6).

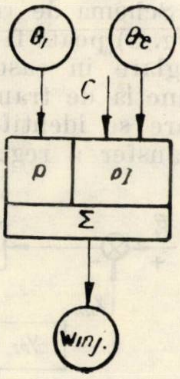


Fig. 6. Schemă de reglare cu regulator cu mai multe canale.

Schema prezintă însă dezavantajul unui grad mai redus de stabilitate, deoarece, pentru a elimina eficient atît perturbațiile interne cît și pe cele externe, este necesar să se folosească valori mari ale factorilor de amplificare pe cele două canale. Datorită punctului de însumare a acțiunii regulatoarelor, la o suprapunere a celor două feluri de perturbații are loc o modificare puternică a mărimii de execuție și o reducere a gradului de stabilitate a întregului sistem.

2. Metode de acordare

2.1. *Acordarea schemei de reglare în cascadă*

Schema de reglare în cascadă ridică probleme speciale de acordare, deoarece conține două contururi și patru parametri de acordare K_r, T_i, K_r^k, T_i^k (fig. 1).

Metodele care se folosesc sînt aproximative și aplicabile numai în cazurile în care, datorită unor condiții particulare, se poate presupune că cele două contururi nu se influențează reciproc.

Condiția care permite să se considere cele două contururi cvasi-independente este ca instalația automatizată corespunzătoare funcției de transfer Y_1 să fie cu inerție mică (Y_1 de ordin inferior și cu constante de timp mici), iar supraîncălzitorul propriu-zis, Y_2, să fie un element cu inerție mare (filtru-trece-jos).

În ipoteza menționată se pot analiza două cazuri:

a) Perturbațiile echivalente cu modificarea poziției elementului de execuție, precum și cele care provin de la suprafețele de supraîncălzire anterioare punctului de injecție sînt eliminate prin acțiunea rapidă a regulatorului de stabilizare. Prin urmare, abaterile dinamice ale mărimii θ_r la aceste perturbații vor avea valori mici. Ținînd seama și de faptul că Y_2 este un filtru, rezultă că se poate neglija participarea la proces a regulatorului corector. În acest caz se poate acorda independent regulatorul de stabilizare ținîndu-se seamă numai de funcția de transfer Y_1. Pentru aceasta se va folosi una dintre metodele recomandate pentru calculul parametrilor de acordare a schemelor de reglare cu un singur contur (metode aproximative bazate pe caracteristici de timp, sau metode bazate pe caracteristici de frecvență).

În continuare, determinarea parametrilor de acordare a regulatorului corector se face ținînd seama de dinamica instalației automatizate echivalente pentru acest regulator (fig. 7).

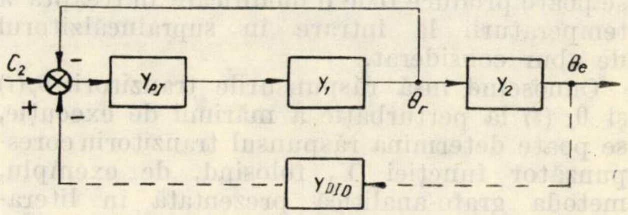


Fig. 7. Instalația automatizată echivalentă pentru regulatorul corector *PID*.

Schema a fost stabilită pornind de la figura 1 *c*.

Răspunsul tranzitoriu corespunzător funcției de transfer echivalente a procesului, inclusiv regulatorul de stabilizare PI:

$$Y^{PID}_{echiv.} = \frac{Y_1 Y_2 Y_{PI}}{1 + Y_1 Y_{PI}}$$

se poate determina și experimental. Pentru aceasta, cu regulatorul de stabilizare cuplat și avînd fixați parametrii de acordare determinați în etapa anterioară, se modifică în treaptă mărimea de referință C_2 (regulatorul *PID* decuplat) și se măsoară variația în timp a parametrului θ_e.

Caracteristica rezultată permite să se determine în continuare prin una din metodele care se bazează pe caracteristici de timp, parametrii de acordare ai regulatorului corector PID.

Modificarea mărimii de referință C_2 în schema din figura 7 este echivalentă cu modificarea mărimii de execuție într-un circuit de reglare cu un singur contur. Sistemul de reglare a fost redus astfel la un regulator PID cuplat cu o instalație automatizată a cărei dinamică este cunoscută.

Folosirea unei metode de frecvență pentru determinarea parametrilor de acordare a regulatorului corector impune determinarea funcției $Y^{PID}_{echiv.}$. Acest lucru este posibil deoarece toate funcțiile componente sînt cunoscute. Volumul de calcule cerut este însă mult mai mare [2].

b) Dacă din motive tehnologice sistemul de reglare considerat urmează să facă față în special la perturbații ale mărimii de referință sau la perturbații care acționează direct asupra temperaturii θ_e, ordinea acordării celor două regulatoare diferă de situația analizată anterior.

În acest caz, ţinînd seamă de ipoteza de la care s-a pornit, se poate considera că la modificarea mărimii de referinţă C_1 a regulatorului corector, conturul de stabilizare transmite semnalul fără să-l modifice şi cu întîrziere neglijabilă.

Deci $X_1 \approx \theta_r$ (fig. 1, *c*) şi se obţine un singur contur de reglare, format din instalaţia automatizată corespunzătoare funcţiei Y_2 şi regulatorul PID.

De remarcat că funcţia de transfer Y_2 nu poate fi determinată direct după o caracteristică indicială experimentală, deoarece nu se poate produce fizic o modificare în treaptă a temperaturii la intrare în supraîncălzitorul de abur considerat.

Cunoscînd însă răspunsurile tranzitorii $\theta_r(t)$ şi $\theta_e(t)$ la perturbaţie a mărimii de execuţie, se poate determina răspunsul tranzitoriu corespunzător funcţiei Y_2 folosind, de exemplu, metoda grafo-analitică prezentată în literatură [3].

După ce au fost determinaţi, pe baza funcţiei Y_2, parametrii de acordare a regulatorului corector, se poate calcula funcţia de transfer echivalentă pentru regulatorul de stabilizare :

$$Y^{PI}_{echiv.} = Y_1\,(1 + Y_2 Y_{PID}).$$

Răspunsul tranzitoriu corespunzător funcţiei echivalente poate fi ridicat şi experimental dacă în schema din figura 8 (comanda regulatorului de stabilizare fiind întreruptă) se introduce o perturbaţie-treaptă a mărimii de execuţie şi se înregistrează modificarea în timp a semnalului-sumă din blocul de măsurare a regulatorului PI.

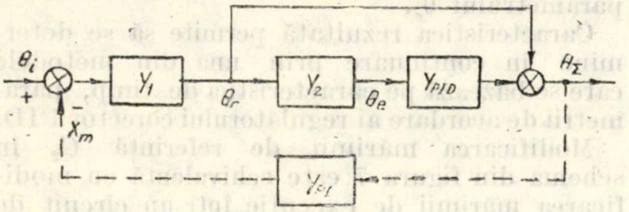


Fig. 8. Instalaţia automatizată echivalentă pentru regula torul de stabilizare *PI*.

Caracteristica determinată se foloseşte pentru calculul parametrilor de acordare a regulatorului de stabilizare.

Cele două cazuri de acordare bazate pe ipoteza că funcţia de transfer Y_1 are o componentă inerţială mică, iar funcţia Y_2 este un filtru, ne asigură că sistemul de reglare considerat face faţă perturbaţiilor produse prin modificarea mărimii de referinţă sau provenite de la suprafeţele anterioare de supraîncălzire (echivalente cu modificarea mărimii de execuţie).

Dacă în exploatare circuitul de reglare este solicitat frecvent şi la perturbaţii rezultate ca urmare a modificării sarcinii turbinei, sau sarcinii termice a focarului, se impune verificarea experimentală a valorilor de acordare şi la aceste perturbaţii.

2.2. *Acordarea schemei de reglare cu semnal de anticipare de la temperatura aburului*

Schema de reglare cu semnal de anticipare (fig. 3) poate fi uşor echivalată cu o schemă de reglare în cascadă (fig. 9). Se constată că funcţia de transfer a regulatorului de stabilizare se identifică cu $Y_{PI}Y_D$, iar funcţia de transfer a regulatorului corector cu $1/Y_D$.

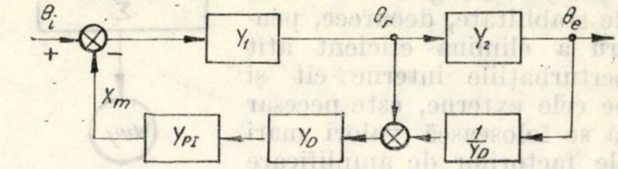


Fig. 9. Schema de reglare cu semnal de anticipare, echivalentă cu o schemă de reglare în cascadă.

Astfel se pot folosi, pentru schema de reglare cu semnal de anticipare, criteriile de reducere la o schemă cu un contur de reglare, folosite la acordarea schemei în cascadă.

În cele ce urmează se analizează cele două cazuri.

a) Parametrii de acordare a elementului de reglare $Y_{PI}Y_D$ se determină după funcţia de transfer Y_1 sau după răspunsul tranzitoriu $\theta_r(t)$ la perturbaţie a mărimii de execuţie.

Deoarece conturul de stabilizare are viteză mare de acţionare, se poate considera că diferenţiatorul se comportă ca un simplu amplificator din punctul de vedere al perturbaţiilor date la mărimea de execuţie ($T_d = \infty$).

Această simplificare permite ca în funcţie de Y_1 să se determine constanta integrală a regulatorului şi produsul factorilor de amplificare, regulator-diferenţiator.

În acest fel regăsim premisele de calcul ale metodei de acordare propuse de N. D. Aleksandrova pentru schema de reglare a temperaturii cu semnal de anticipare. Metoda poate fi consultată după [3] şi [4].

b) Se determină mai întîi parametrii de acordare a regulatorului corector – respectiv $1/Y_D$ – ţinînd seamă numai de funcţia de transfer Y_2 sau de răspunsul tranzitoriu corespunzător acestei funcţii.

Metoda de determinare este cea obişnuită, deoarece $1/Y_D$ este de fapt funcţia de transfer a unui regulator PI, întrucît

$$\frac{1}{Y_D} = \frac{1}{K_d}\,\frac{1 + T_d s}{T_d s}.$$

Pentru calculul parametrilor de acordare a elementului de reglare $Y_{PI}\,Y_D$ trebuie determinată mai întîi funcţia de transfer a instalaţiei automatizate echivalente (fig. 10).

$$Y_{echiv.}^{(Y_{PI}Y_D)} = Y_1\left(1 + \frac{Y_2}{Y_D}\right).$$

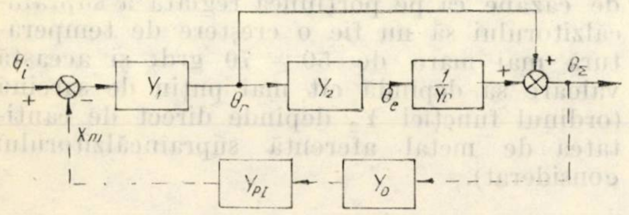


Fig. 10 Instalaţia automatizată echivalentă pentru elementul de reglare $Y_{PI}Y_D$.

O rezolvare mai directă ar fi dacă şi în acest caz s-ar putea ridica experimental răspunsul tranzitoriu al funcţiei de transfer echivalente. Într-adevăr, transformînd schema în aşa fel încît să dispară de pe reacţie elementul cunoscut Y_D, se obţine o schemă echivalentă (fig. 11), care permite fizic determinarea directă pe cale experimentală a răspunsului tranzitoriu.

Se observă că cele două scheme (fig. 10 şi 11) sînt echivalente ca stabilitate, deoarece funcţia de transfer a buclei în circuit deschis este identică, $Y_1\,Y_{PI}\,(Y_2 + Y_D)$.

Deci acordul regulatorului PI se poate face în conformitate cu caracteristica obţinută prin înregistrarea variaţiei în timp a mărimii θ_Σ la o variaţie-treaptă a mărimii de acţionare X_m cu regulatorul decuplat.

Este interesant de observat că din punctul de vedere al criteriului de calitate — integrala modulului erorii — mărimea θ_Σ obţinută la variaţia-treaptă a mărimii X_m este echivalentă cu mărimea reglată θ_e.

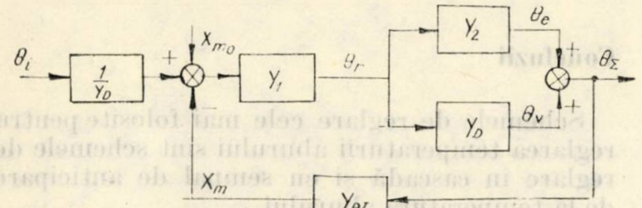


Fig. 11. Schema-bloc pentru acordarea schemei de reglare cu semnal de anticipare.

Într-adevăr, dacă se ia în considerare faptul că funcţiile de transfer Y_1, Y_2 sînt funcţii aperiodice şi se aplică teorema valorii finale funcţiei de transfer :

$$Y_{\theta_\Sigma}(s) = \frac{\theta_\Sigma(s)}{X_{m_0}(s)} = \frac{Y_1\,(Y_2 + Y_D)}{1 + Y_1 Y_{PI}\,(Y_2 + Y_D)}\text{(fig. 11)}$$

şi funcţiei de transfer:

$$Y_{\theta e}\,(s) = \frac{\theta_e(s)}{\theta_i(s)} = \frac{Y_1 Y_2}{1 + Y_1 Y_{PI}\,(Y_2 + Y_D)},\ \text{(fig. 3}c\text{)}$$

se obţine aceeaşi condiţie de optimizare a acordului schemei, şi anume minimum T_i/K_r.

Deci optimizarea parametrilor regulatorului după răspunsul tranzitoriu al mărimii θ_Σ este identică cu optimizarea în funcţie de mărimea reglată.

Urmărirea grafică a calităţii reglării se poate face prin înregistrarea mărimii θ_r, deoarece acelaşi criteriu de calitate aplicat funcţiei de transfer

$$Y_{\theta r}(s) = \frac{\theta_r\,(s)}{\theta_i\,(s)} = \frac{Y_1}{1 + Y_1 Y_{PI}\,(Y_2 + Y_D)}\text{(fig. 3}c\text{)}$$

conduce la condiţia minimă T_i/K_2K_r, în care factorul $1/K_2$ nu face decît să modifice scara.

Se evită astfel urmărirea răspunsului tranzitoriu $\theta_e(t)$, care are un aspect nesemnificativ, constituind imaginea filtrată a răspunsului $\theta_r(t)$ prin filtrul Y_2 (a se compara expresiile $Y_{\theta r}$ şi $Y_{\theta e}$).

3. Analiza calitativă a schemelor

Urmărind schemele-bloc din figurile 1 şi 3 se constată că cele două scheme se deosebesc principial ca funcţionare.

La schema în cascadă, numai regulatorul de stabilizare se acordează corespunzător unei instalaţii automatizate rapide, în timp ce regulatorul corector se acordează în funcţie de Y_2 sau o funcţie echivalentă cu inerţie mai mare.

$$Y_{echiv.}^{PID} = \frac{Y_1 Y_2 Y_{PI}}{1 + Y_1 Y_{PI}},$$

Ca urmare va rezulta o valoare mare a constantei integrale a regulatorului corector şi deci o viteză mică de readucere a parametrului pe valoare. Abaterea dinamică maximă a parametrului va fi însă micşorată datorită prezenţei componentei D în legea de reglare a regulatorului corector. Acest lucru este valabil şi în cazul schemei de reglare din figura 2, în care legea de reglare a regulatorului corector este *PI*, însă perturbaţia intervine în schemă nu numai prin intermediul instalaţiei automatizate, ci şi prin intermediul semnalului suplimentar al vitezei de variaţie a perturbaţiei.

Caracteristic funcţionării la perturbaţii externe a schemei de reglare în cascadă este valoarea redusă a abaterii dinamice maxime şi o viteză mică de readucere a parametrului la valoarea de consemn.

Perturbaţiile interne sînt bine preluate de către regulatorul de stabilizare, în aşa fel încît regulatorul corector nu participă la proces.

Schema de reglare cu semnal de anticipare de la temperatură am văzut că se acordează în două etape :

— se acordează diferenţiatorul în funcţie de Y_2;

— se acordează regulatorul în funcţie de instalaţia automatizată echivalentă $Y_1\,(Y_2+Y_D)$.

Regulatorul lucrează cu o instalaţie automatizată echivalentă cu atît mai apropiată ca dinamică de Y_1, cu cît Y_2 este o funcţie mai apropiată de a unui element de ordinul întîi, şi deci poate fi compensată de funcţia de transfer a diferenţiatorului.

Într-adevăr, dacă se consideră :

$$Y_2 = \frac{K_2}{1+T_2 s},$$

rezultă

$$Y_2+Y_D = \frac{K_2}{1+T_2 s} + \left(K_d - \frac{K_d}{1+T_d s}\right) = K_2,$$

dacă $K_d = K_2$ şi $T_d = T_2$.

În acest caz, răspunsul indicial $\theta_\Sigma\,(t)$ este identic cu $\theta_r(t)$ amplificat cu K_2.

Dacă Y_2 este o funcţie aperiodică de ordin superior — cazul obişnuit al supraîncălzitoarelor de abur — compensarea completă nu poate fi făcută cu ajutorul unei diferenţiator cu element de întîrziere de ordinul întîi :

$$Y_D = \frac{K_d T_d s}{1+T_d s}$$

şi parametrii K_d şi T_d se aleg astfel încît să rezulte o dinamică cît mai favorabilă a răspunsului $\theta_\Sigma\,(t)$.

Parametrii de acordare a regulatorului se aleg în funcţie de $Y_1\,(Y_2+Y_D)$, respectiv $\theta_\Sigma(t)$, şi deci constanta integrală necesară va fi mai mică decît în cazul schemei de reglare în cascadă (fig. 12).

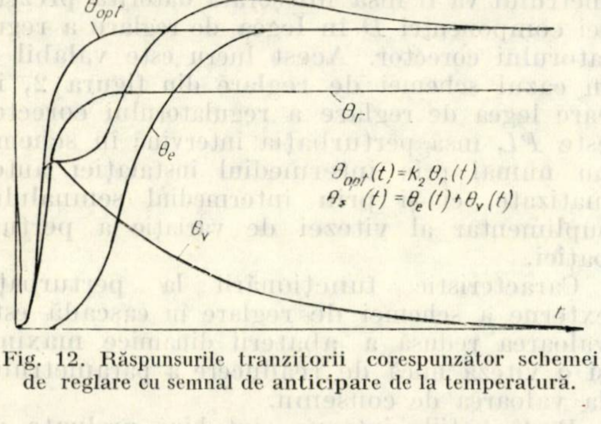


Fig. 12. Răspunsurile tranzitorii corespunzător schemei de reglare cu semnal de anticipare de la temperatură.

Sistemul de reglare reacţionează rapid atît la perturbaţii interne cît şi la perturbaţii externe, iar stabilizarea parametrului la valoare este bună.

Calitatea reglării la această schemă depinde foarte mult de alegerea corectă a parametrilor de acordare.

În cazul în care Y_2 este de ordin superior, chiar alegerea unor valori optime pentru parametrii de acordare nu conduce la performanţe satisfăcătoare în ce priveşte calitatea reglării şi mai ales în ce priveşte stabilitatea sistemului.

Din acest motiv se impune constructorilor de cazane ca pe porţiunea reglată a supraîncălzitorului să nu fie o creştere de temperatură mai mare de 50 — 70 grd, şi această valoare să depindă cît mai puţin de sarcină (ordinul funcţiei Y_2 depinde direct de cantitatea de metal aferentă supraîncălzitorului considerat).

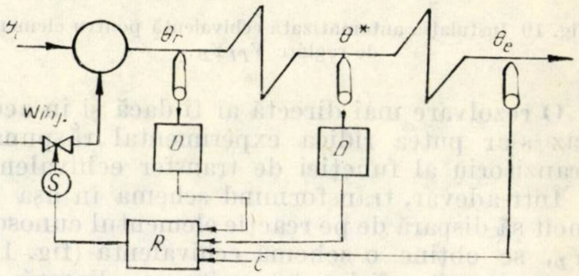


Fig. 13. Schema de reglare cu două elemente de anticipare

În cazul supraîncălzitoarelor în care porţiunea reglată este foarte mare, pentru a se îmbunătăţi calitatea reglării temperaturii se folosesc scheme speciale.

În schema din figura 13, la răspunsul tranzitoriu $\theta_\Sigma(t)$ se mai adaugă viteza de variaţie a temperaturii intermediare θ^*, în aşa fel încît caracteristica rezultată să fie cît mai apropiată de caracteristica optimă $\theta_{opt}\,(t) = K_2\theta_r\,(t)$.

O soluţie mai directă este folosirea unui element de anticipare cu o funcţie de transfer care să permită compensarea funcţiei Y_2, chiar dacă este de ordin superior.

Concluzii

Schemele de reglare cele mai folosite pentru reglarea temperaturii aburului sînt schemele de reglare în cascadă şi cu semnal de anticipare de la temperatura aburului.

Pentru a îmbunătăţi comportarea dinamică la perturbaţii de sarcină se folosesc semnale suplimentare ale vitezei de variaţie a mărimii perturbatoare.

Acordarea schemelor de reglare cu mai multe contururi se poate face pe porţiuni numai în condiţii particulare ale instalaţiei automatizate.

Schema de reglare cu semnal de anticipare a variaţiei temperaturii aburului după răcitor permite folosirea unei metode de acordare mai simple şi uşor de aplicat în practică.

Calitatea reglării temperaturii depinde direct de lungimea supraîncălzitorului cuprinsă între răcitor şi parametrul reglat (creşterea de temperatură a aburului pe sectorul reglat trebuie limitată la 50—70 grd).

La supraîncălzitoare foarte lungi este necesară utilizarea unor scheme de reglare speciale.

Notații folosite

R — regulator
D — diferențiator
W_{inj} — debitul de condensat injectat
$\mathcal{D}$ — debitul de abur
ΔH_T — modificarea poziției ventilelor de reglare ale turbinei
C — mărimea de referință
X_m — mărimea de execuție
X_{m0} — perturbație suplimentară echivalentă cu modificarea mărimii de execuție.
θ_i — perturbația internă a sistemului de reglare, echivalentă cu modificarea mărimii de execuție
θ_r — abaterea temperaturii aburului după răcitor
θ^* — abaterea temperaturii aburului într-un punct intermediar al supraîncălzitorului
θ_e — abaterea temperaturii aburului la ieșire din supraîncălzitor
Y_1 — funcția de transfer $Y_1(s) = \dfrac{\theta_r(s)}{X_m(s)}$
Y_2 — funcția de transfer $Y_2(s) = \dfrac{\theta_e(s)}{\theta_r(s)}$
K_1, K_2 — factorii de amplificare corespunzători funcțiilor de transfer Y_1, Y_2.

$$Y_{PI}(s) = K_r \cdot \frac{1 + T_i s}{T_i s}$$

$$Y_{PID}(s) = K_r^K \cdot \frac{1 + T_i^K s + T_i^K T_d^K s^2}{T_i^K s}$$

$$Y_D(s) = K_d \cdot \frac{T_d s}{1 + T_d s}$$

Bibliografie

[1] Profos, P. *Die Regelung von Dampfanlagen.* Springer-Verlag, Berlin (Göttingen), Heidelberg, 1962.

[2] Rotaci, V. Ia. *Rascet nastroiki promișlennih sistem regulirovaniia.* Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1962.

[3] Aleksandrova N. D. *Calculul parametrilor de acordare dinamică a regulatorului de temperatură a aburului cu semnal de anticipare.* Teploenergetika nr. 4, 1965, p. 24—28.

[4] Aleksandrova, N. D. *Calculul parametrilor de acordare dinamică a regulatorului de temperatură a aburului cu semnal de anticipare.* Culegerea de articole de sub îngrijirea lui P. E. Boloban și N. I. Davidov: „Avtomatizațiia teplovih elektrostanții", Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1959, p. 116—135.

[5] Serghievskaia, E. *Determinarea acordului optim al regulatoarelor electronice.* Teploenerghetika nr. 3, 1957.

[6] Kopelovici, A. P. *Sistemele de reglare automată. Metode de calcul ingineresc.* Editura Tehnică, București, 1963.

(Articol intrat în redacție la 1 iunie 1967)

Caracteristicile electroenergetice specifice tracțiunii electrice în zona Brașov—Cîmpina[*]

D. Crețu și G. Marini[**]

Electrificarea căii ferate Brașov—Cîmpina s-a făcut în curent monofazat de frecvență industrială la o tensiune normală în firul de contact $U = 27{,}5$ kV.

Locomotivele sînt echipate cu motoare electrice de curent continuu și de tensiune mai joasă. Coborîrea tensiunii și redresarea se fac pe locomotivă cu ajutorul unui transformator coborîtor, reglabil în limite foarte mari, și al unui complet de redresoare cu siliciu.

Alimentarea cu energie a căii ferate electrificate se asigură de către sistemul electroenergetic național de 110 kV.

Față de ceilalți consumatori ai sistemului, calea ferată electrificată prezintă următoarele particularități:

a) nesimetrie importantă prin faptul că sarcina este monofazată;

b) distorsiuni pronunțate produse de neliniaritatea parametrilor circuitelor de forță ca urmare a prezenței redresoarelor și

c) variații mari, rapide și repetate ale sarcinii de la zero la valoarea maximă, consecință a specificului graficului de circulație, a profilului drumului și a tonajului garniturilor tractate de locomotivele electrice.

Aceste particularități introduc perturbații în regimurile de funcționare a sistemului și în comportarea unor echipamente racordate la sistem.

Variațiile mari și rapide ale sarcinii pot provoca șocuri de tensiune care s-ar resimți de către ceilalți consumatori, iar asimetria și distorsiunea ce se manifestă prin curentul de secvență inversă și prin curenții de diferite armonici solicită suplimentar termic (încălziri locale), mecanic (vibrații, șocuri) și electric (supratensiuni), în special mașinile electrice sincrone și asincrone, bateriile de condensatoare, cablurile și alte elemente din apropierea sursei de șocuri, asimetrii și armonici.

Complexitatea fenomenelor și dificultățile de predeterminare cantitativă, cît de cît mulțumitoare, a efectelor tracțiunii electrice asupra sistemului în ansamblu și asupra unor generatoare și consumatori în particular au impus metoda experimentală, cu prelucrările corespunzătoare, ca singura metodă ce poate furniza informații certe, care ar fi utilizate în fazele de proiectare și exploatare a celorlalte sectoare de cale ferată ce urmează a fi electrificate în anii următori.

---

[*] Lucrare efectuată în anul 1966 în cadrul IRME.
[**] D. Crețu și G. Marini sînt ingineri la IRME.

Scopul studiului de față constă în prezentarea rezultatelor obținute din prelucrarea înregistrărilor efectuate în sistemul electroenergetic pentru evaluarea efectelor tracțiunii electrice asupra mașinilor electrice, liniilor electrice de transport și a tensiunilor pe barele stațiilor de înaltă și joasă tensiune.

1. Parametri caracteristici

Pentru caracterizarea specificului sarcinii solicitate de calea ferată electrificată și a diferitelor efecte asupra celorlalți consumatori, se determină un grup de parametri, dintre care unii sînt proprii tracțiunii electrice, iar alții depind simultan de tracțiunea electrică și de starea sistemului electroenergetic.

Din prima categorie fac parte :

a) amplitudinile spectrale ale curentului absorbit de tracțiunea electrică definit ca mulțimea discretă a amplitudinilor curenților armonici, funcție de ordinul armonicii ;

b) coeficientul de distorsiune al curbei curentului — K_{di} — absorbit de calea ferată, definit ca raportul dintre reziduul deformant și valoarea efectivă a componentei alternative a curentului ;

c) coeficientul de distorsiune al curbei tensiunii — K_{du} — de alimentare, definit în mod analog ;

d) factorul de putere — K — al locomotivei electrice sau al stației de alimentare a unui tronson de cale ferată, definit ca raportul dintre suma puterilor active și suma puterilor aparente ale armonicilor prezente ;

e) coeficientul de utilizare — K_t — la putere nominală a echipamentului de alimentare a unei zone de cale ferată, definit ca raportul dintre energia electrică solicitată pe un interval de timp și energia calculată pentru același interval în ipoteza utilizării permanente a utilajului la putere nominală.

Din a doua categorie de parametri caracteristici fac parte :

a) gradul de disimetrie a sistemului trifazat de tensiune — ε_u — în diferite puncte ale sistemului, definit de raportul dintre componenta inversă și valoarea nominală a tensiunii ;

b) gradul de disimetrie a sistemului trifazat de curenți — ε_i — pe diferite linii sau mașini sincrone, care se definește în mod analog ;

c) amplitudinile spectrale ale curenților sistemului trifazat, ai diferitelor linii electrice sau mașini sincrone.

În exploatare, pentru operativitate, se practică noțiunea de „dezechilibru" al sistemului trifazat de tensiuni — α_u — respectiv de curenți α_i —, definit de raportul dintre diferența valorilor maxime și minime ale tensiunilor măsurate și dintre valoarea nominală a tensiunii.

2. Metoda experimentală de determinare a parametrilor specifici

2.1 Amplitudinile spectrale ale curentului absorbit se pot determina în două moduri : fie se oscilografiază curba curentului, care ulterior se prelucrează, obținîndu-se amplitudinea și faza fiecărei armonici la un moment dat, fie se fac citiri cu analizorul de frecvență, care permite citirea *succesivă* a amplitudinii (la unele analizoare se poate citi și faza) fiecărei armonici. Faptul că sarcina căii ferate variază mult în timp, iar ponderea armonicilor, după cum se va vedea, este funcție de valoarea momentană a acestei sarcini, face ca metoda oscilografierii să fie mai precisă, deși este mai laborioasă. Valorile amplitudinilor astfel obținute se prezintă în tabele sau grafic, într-un plan semilogaritmic.

Amplitudinile spectrale permit calculul *reziduului deformant* al curbei analizate, *valoarea efectivă* și *coeficientul de distorsiune.*

Din punct de vedere practic, amplitudinile spectrale sînt necesare la dimensionarea instalațiilor de filtrare și la evaluarea diferitelor perturbații pe care le provoacă în celelalte instalații.

2.2. Factorul de putere al consumului căii ferate electrificate depinde de sarcină, prin faptul că defazajul curentului față de tensiune se modifică o dată cu sarcina, pe de o parte, și pe de altă parte prin faptul că ponderea armonicilor variază de asemenea cu sarcina. De aceea singura cale de urmat pentru determinarea factorului de putere rămîne oscilografierea, fie direct a curbei puterii, fie simultan a curbelor tensiunii și curentului. În primul caz factorul de putere se obține prin simpla raportare a valorii termenului constant din dezvoltarea în serie a funcției puterii la valoarea efectivă a aceleiași funcții. În al doilea caz, cu aceeași referință de timp pentru curba tensiunii și curba curentului, se face analiza armonică a fiecărei curbe în parte și, calculînd fiecare termen al relației din care rezultă factorul de putere, se obține în cele din urmă valoarea căutată a acestuia. În cazul nostru s-a utilizat metoda a doua, deși aparent mai laborioasă, deoarece amplitudinea și faza fiecărei armonici a tensiunii și curentului au fost determinate pentru calculul coeficientului de distorsiune.

2.3. Coeficientul de utilizare la putere nominală se determină prin planimetrarea curbei $S = f(t)$ a transformatorului stației de tracțiune raportată la timpul considerat și la puterea nominală ; curba în timp a puterii aparente se poate obține fie din înregistrările $U = f(t)$ și $I = f(t)$, fie din curbele $P = f(t)$ și $Q = f(t)$. În primul caz, curba de încărcare în timp a transformatorului se obține făcînd produsul ordonatelor valorilor efective ale tensiunii și curentului corespunzătoare acelorași momente ; în al doilea caz curba căutată se obține prin adunarea vectorială a puterilor activă și reactivă, corespunzătoare acelorași momente. În mod curent toate aceste mărimi sînt înregistrate în stații, astfel că determinarea coeficientului de utilizare la putere nominală nu întîmpină dificultăți.

2.4. Gradul de disimetrie ε_u sau ε_i se poate determina fie cu ajutorul filtrelor de secvență inversă, fie prin oscilografierea simultană a celor trei mărimi. Deoarece, în cazul nostru, curbele respective prezintă și distorsiuni, se impune să se efectueze analiza armonică și după aceea, pentru fundamentală, să se determine componenta inversă cu ajutorul relației cunoscute; de exemplu, pentru sistemul de tensiuni:

$$\underline{U}_i^{(1)} = \frac{1}{3}\left[\underline{U}_R^{(1)} + a^2\,\underline{U}_S^{(1)} + a\underline{U}_T^{(1)}\right],$$

în care s-a utilizat scrierea în complex și operatorul $a = e^{j\frac{2\pi}{3}}$. Pentru studiul de față, în lipsa filtrului de secvență inversă, accesibilă a fost numai posibilitatea a doua.

2.5. Dezechilibrul curenților și tensiunilor s-a determinat simultan prin două metode: citirea aparatelor de măsură și prelucrarea oscilogramelor în care se înregistrează mărimile de pe cele trei faze.

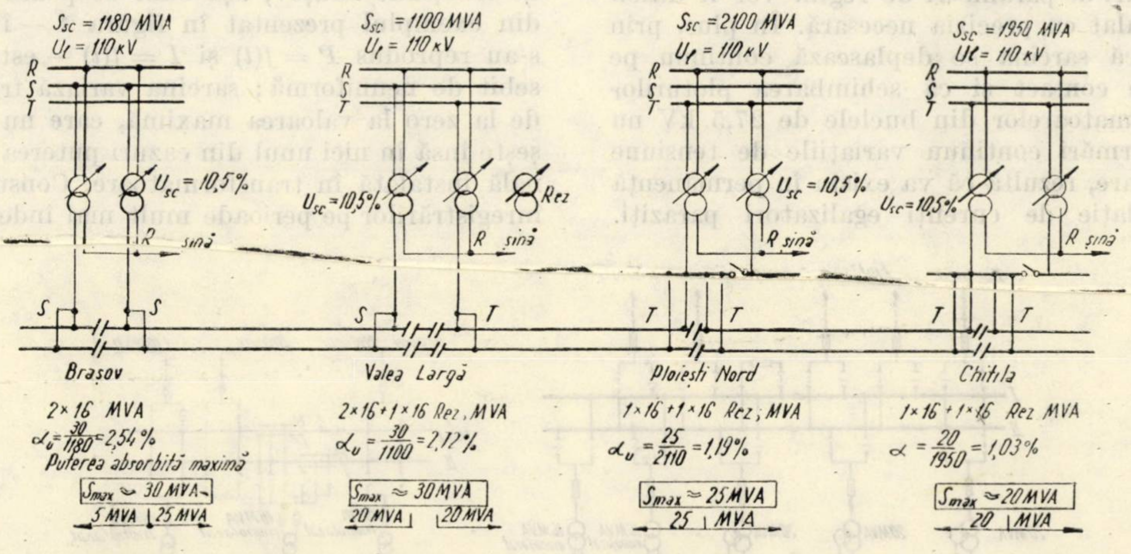

S_{sc} = 1180 MVA
U_l = 110 kV
R
S
T
U_{sc} = 10,5%
R
șină
S
S
Brașov
2×16 MVA
$\alpha_u = \frac{30}{1180} = 2,54\%$
Puterea absorbită maximă
$S_{max} \approx$ 30 MVA
5 MVA
25 MVA
S_{sc} = 1100 MVA
U_l = 110 kV
R
S
T
U_{sc}=10,5%
Rez
R
șină
S
T
Valea Largă
2×16+1×16 Rez, MVA
$\alpha_u = \frac{30}{1100} = 2,72\%$
$S_{max} \approx$ 30 MVA
20 MVA
20 MVA
S_{sc} = 2100 MVA
U_l = 110 kV
R
S
T
U_{sc} = 10,5%
R
șină
T
T
Ploiești Nord
1×16+1×16 Rez; MVA
$\alpha_u = \frac{25}{2110} = 1,19\%$
$S_{max} \approx$ 25 MVA
25
MVA
S_{sc} = 1950 MVA
U_l = 110 kV
R
S
T
U_{sc}=10,5%
R
șină
T
T
Chitila
1×16+1×16 Rez MVA
$\alpha = \frac{20}{1950} = 1,03\%$
$S_{max} \approx$ 20 MVA
20
MVA
3 km
48 km
66 km
53 km
12 km
$S_{RS_{max}} \approx$ 35 MVA
$S_{RT_{max}} \approx$ 40 MVA
$S_{max} \approx$ 55 MVA

Fig. 1. Schema de ansamblu a căii ferate electrificate București-Brașov.

Prin faptul că dezechilibrul, conform definițiilor de la paragraful 1, nu ia în considerație abaterile de la simetria unghiulară a sistemului trifazat de tensiuni sau de curenți, rezultă că acest indice dă o imagine mai puțin fidelă decît gradul de disimetrie; în schimb, dezechilibrul se calculează cu foarte multă ușurință, astfel că este mai frecvent utilizat. Valorile gradului de disimetrie și dezechilibrului, în situația particulară analizată, sînt în raportul $\frac{\varepsilon}{\alpha} \leqslant \frac{1}{1{,}73}$.

3. Măsurători privind caracteristicile și parametrii consumului tracțiunii electrice

3.1. Schema de ansamblu a căii ferate electrificate Brașov—București este prezentată în figura 1. În schemă s-au figurat stațiile de transformare racordate la sistem, numărul transformatoarelor din stație, puterea instalată, fazele solicitate inclusiv zona neutră din Valea Largă, unde are loc transpoziția fazelor *S* și *T*, tensiunea de scurtcircuit a transformatoarelor, sarcinile maxime prezumate a fi solicitate de tracțiunea electrică în fiecare stație, dezechilibrele tensiunilor pe barele stațiilor, calculate ca raportul dintre sarcina maximă monofazată preliminată și puterea de scurtcircuit trifazat pe barele respective (putere determinată de Dispecerul național pe masa de calcul pentru anii 1966—1968), puterile maxime anticipate pe fazele *RS*, *RT* și, în total, puterea de scurtcircuit a sistemului și distanțele între stații măsurate de-a lungul căii ferate.

Realizarea schemei din figura 1 este în curs, astfel că măsurătorile, efectuate în două etape, au surprins două situații diferite: în prima etapă în funcțiune a fost numai stația Brașov și, în a doua etapă, cînd intrase în funcțiune și stația Valea Largă cu ambele transformatoare. Firul de contact al căii ferate era sub tensiune pînă la Cîmpina.

Încadrarea în sistemul electroenergetic de 110 kV a stațiilor de transformare pentru alimentarea căii ferate electrificate este prezentată în figura 2. În figură s-au indicat liniile electrice din imediata apropiere a stațiilor și explicit centralele electrice printr-un generator echivalent. Analizînd simultan schemele din figurile 1 și 2, se poate observa că atît pe partea de 110 kV cît și pe partea de 27,5 kV se formează cîteva bucle în care efectele diferitelor modificări de parametri de regim vor fi dificil de calculat cu precizia necesară. În plus, prin faptul că sarcina se deplasează continuu pe firul de contact și că schimbarea ploturilor transformatoarelor din buclele de 27,5 kV nu poate urmări continuu variațiile de tensiune de pe bare, rezultă că va exista în permanență o circulație de curenți egalizatori paraziți.

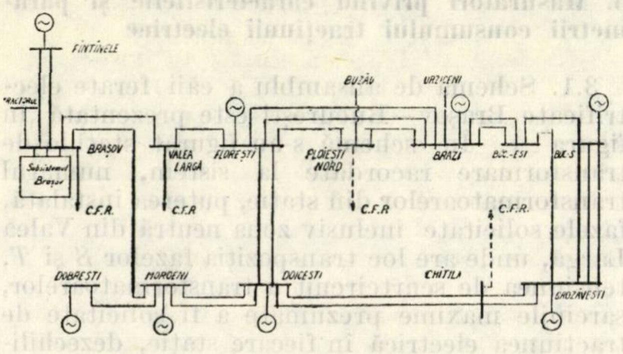

FÎNTÎNELE
TRACTORUL
Subsistemul Brașov
BRAȘOV
C.F.R.
VALEA LARGĂ
C.F.R
FLOREȘTI
BUZĂU
PLOIEȘTI NORD
C.F.R
URZICENI
BRAZI
BUC.-ESI
BUC.-S
C.F.R.
DOBREȘTI
MOROENI
DOICEȘTI
CHITILA
GROZĂVEȘTI

Fig. 2. Schema sistemului electroenergetic aferent tracțiunii electrice.

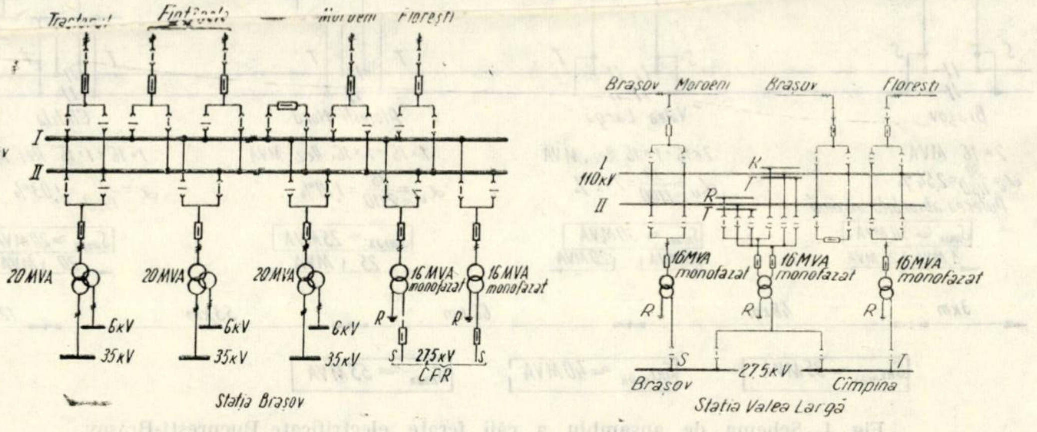

Tractorul
Fîntînele
Moroeni
Florești
I
110 kV
II
20 MVA
6 kV
35 kV
20 MVA
6 kV
35 kV
20 MVA
6 kV
35 kV
16 MVA monofazat
16 MVA monofazat
R
R
S
27,5 kV
S
CFR
Stația Brașov
a)
Brașov
Moroeni
Brașov
Florești
I
110 kV
II
K
T
R
T
16 MVA monofazat
16 MVA monofazat
16 MVA monofazat
R
R
R
S
27,5 kV
T
Brașov
Cîmpina
Stația Valea Largă
b)

Fig. 3: *a* — schema stației Brașov; *b* — schema stației Valea Largă.

Schemele stațiilor care alimentează tracțiunea electrică și în care s-au făcut măsurători sînt prezentate în figura 3*a* (stația Brașov) și în figura 3*b* (stația Valea Largă). În stația Brașov furnizează energie două linii de la Fîntînele și cîte o linie de la Moroeni și Florești; linia de 110 kV spre Tractorul și cele trei transformatoare de 20 MVA alimentează subsistemul IRE Brașov, iar cele două transformatoare monofazate de 16 MVA fiecare, conectate între fazele *R* și *S*, sînt destinate tracțiunii electrice.

Stația din Valea Largă este intercalată pe linia electrică Brașov—Florești, din care primește energia necesară, și ca rezervă este utilizată linia Brașov—Moroeni, de care se poate cupla printr-un singur racord. Unicul consumator al stației este tracțiunea electrică, pentru care s-au montat trei transformatoare monofazate de 16 MVA fiecare. Un transformator, conectat între fazele *R* și *S*, alimentează calea ferată spre Brașov; al doilea, conectat între fazele *R* și *T*, alimentează calea ferată spre Cîmpina; al treilea transformator constituie rezervă pentru primele două și prin urmare poate fi conectat atît la fazele *RS* cît și la fazele *RT*. În timpul măsurătorilor, alimentarea căii ferate spre Brașov se făcea de către transformatorul de rezervă, așa cum figurează și în schema din figura 3 *b*.

3.2. Încărcarea transformatoarelor din stația de tracțiune Brașov, așa cum se poate vedea din exemplul prezentat în figura 4 — în care s-au reprodus $P = f(t)$ și $I = f(t)$ — este deosebit de neuniformă; sarcina variază frecvent de la zero la valoarea maximă, care nu depășește însă în nici unul din cazuri puterea nominală instalată în transformatoare. Consultarea înregistrărilor pe perioade mult mai îndelungate confirmă această constatare. Prin integrarea în timp a curbelor de sarcină s-au putut calcula, conform indicațiilor din paragraful 2, coeficientul de încărcare în timp K_t al transformatoarelor din stația Brașov, inclusiv un factor

Tabela 1

Nr.	I_{med} A	P_{med} MW	S_N MVA	S_{med} MVA	S_{max} MVA	K_t u.r.	K	Fazele încărcate	Observații
1	35	2,85	32	3,88	30,6	0,121	0,735	*RS*	Brașov 18 aprilie 1966. Valea Largă nu funcționează.
2	32	2,94	16	3,68	19,9	0,230	0,8	*RS*	Valea Largă 1 dec. 1966. Brașov funcționează.
3*)	13,2	1,12	16	1,52	—	0,095	—	*RT*	Valea Largă 1 dec. 1966.

*) $U_{med} = 115$ kV; $U_{min} = (115 - 8{,}7)$ kV; $U_{max} = (115+3{,}5)$ kV.

de putere mediu K. Aceste date sînt prezentate în tabela 1, la poziția 1.

Ulterior, o dată cu intrarea în exploatare a stației Valea Largă, care funcționează în paralel și pe 27,5 kV cu stația Brașov, ultima bineînțeles s-a mai descărcat. $K_t = 0{,}121$ echivalează cu un timp de utilizare la putere nominală $t = 1055$ h/an, deci o utilizare a echipamentului relativ redusă.

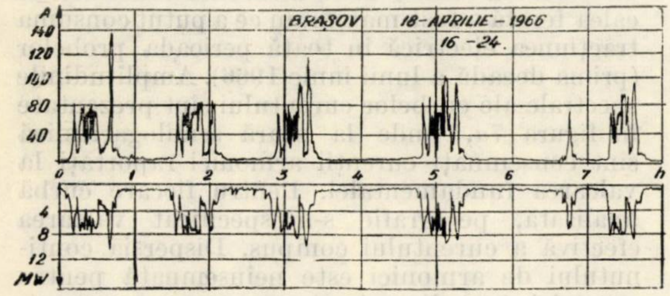
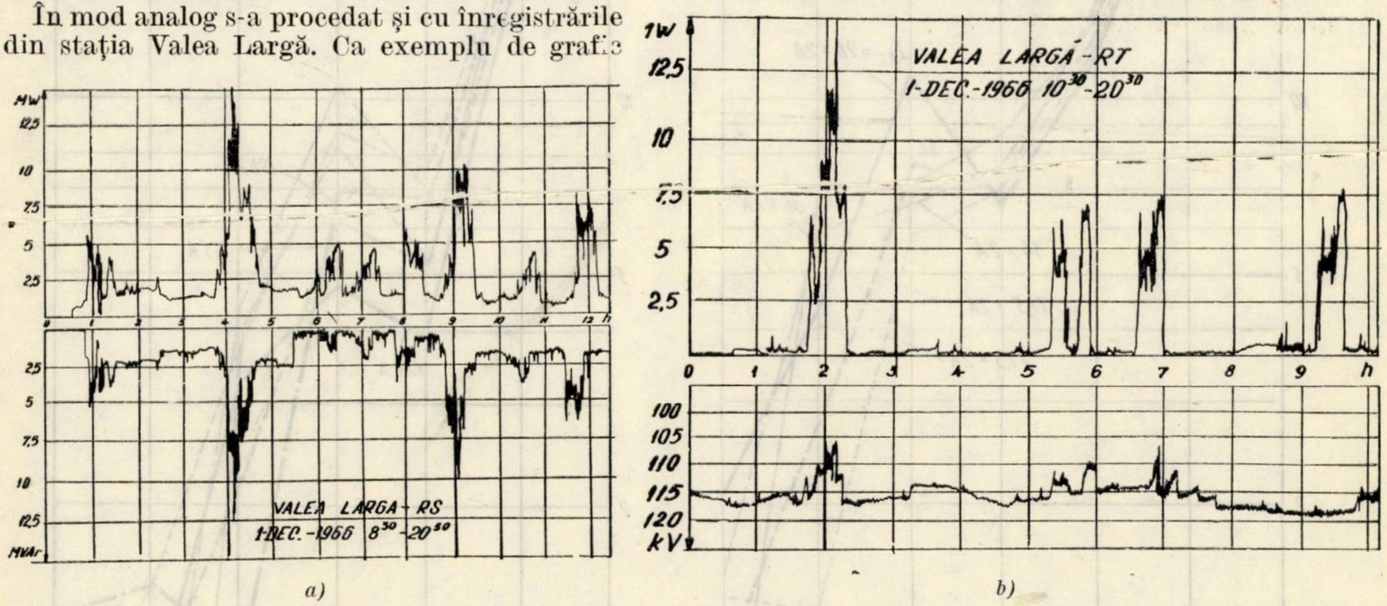


Fig. 4. Puterea și curentul în timp, solicitate de tracțiunea electrică în stația Brașov.

În mod analog s-a procedat și cu înregistrările din stația Valea Largă. Ca exemplu de grafic de sarcină, în figura 5*a* se prezintă puterea activă și reactivă în timp, absorbită de pe fazele *RS*, iar în figura 5*b* se prezintă în funcție de timp puterea absorbită și tensiunea pe transformatorul conectat la fazele *RT*.



a) *b)*

Fig. 5 : *a* — puterea activă și reactivă solicitată de tracțiunea electrică în stația Valea Largă de la fazele *RS*; *b* — puterea și tensiunea între fazele *RT* în stația Valea Largă.

Pentru cele trei locuri în care s-au făcut măsurători s-a prezentat graficul puterii active pentru evidențierea particularităților modului de încărcare a fiecărui transformator și cîte un grafic al mărimilor $I(t)$, $Q(t)$ și $U(t)$, în scopul de a ilustra, în minimum de imagini, modul în care variază fiecare mărime caracteristică.

Datele obținute din prelucrarea curbelor respective sînt sintetizate în tabela 1. Se constată astfel că puterea medie solicitată este practic egală în stațiile Brașov și Valea Largă, pe fazele *RS* și mult mai mică pe fazele *RT*. Cel mai încărcat transformator este cel din Valea Largă, care funcționează pe fazele *RS*. Coeficientul de utilizare la putere nominală al acestui transformator este $K_t = 0{,}230$, ceea ce corespunde într-un an la 2000 ore. În ordine descrescătoare urmează transformatoarele din stația Brașov — $K_t = 0{,}121$ (1055 h/an) și apoi transformatorul din Valea Largă care alimentează tronsonul (30 km) spre Cîmpina — $K_t = 0{,}095$ (827 h/an). Ar fi rațional ca pînă la apariția unor modificări în graficul de încărcare, în stația Brașov numai un singur transformator

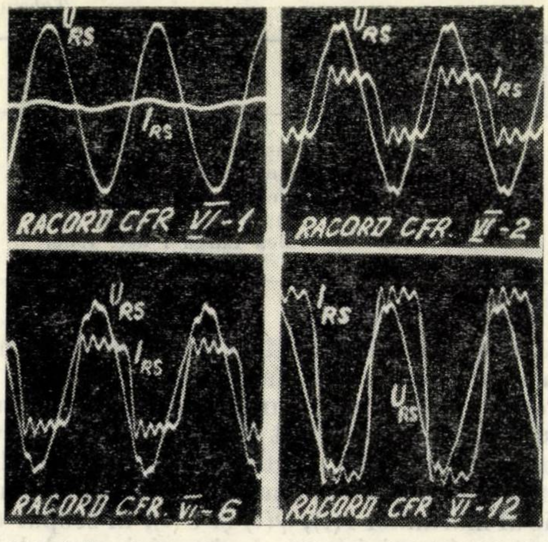


Fig. 6. Tensiunea și curentul racordului CFR din stația Brașov :
a — $I_{RS} = 0$; b — $I_{RS} = 2 \times 26$ A ;
c — $I_{RS} = 2 \times 36$ A ; d — $I_{RS} = 2 \times 77{,}5$ A.

să fie permanent sub tensiune, iar transformatorul al doilea să fie pus în funcțiune numai cînd semnalizarea anunță suprasarcină pentru transformatorul în lucru.

3.3. Pentru determinarea celorlalți parametri ai consumului tracțiunii electrice s-au făcut oscilografieri și măsurători în stația Brașov pe partea de 110 kV a racordului CFR și în stația Valea Largă atît la tensiunea de 110 kV cît și la cea de 27,5 kV.

În figura 6 sînt prezentate parte din oscilogramele tensiunii și curentului înregistrate la Brașov în situația în care calea ferată, pînă la Cîmpina (78 km), era alimentată numai din stația Brașov. Curenții înregistrați au valori diferite, însă numai într-un singur caz ajung pînă la $I = 0{,}53\ I_n$.

Măsurătorile s-au făcut pe unul dintre cele două transformatoare conectate în paralel, iar valoarea relativ mică a sarcinii solicitate de calea ferată a fost maximum ce a putut consuma tracțiunea electrică în toată perioada probelor (prima decadă a lunii iunie 1966). Amplitudinile spectrale ale curbelor curentului sînt prezentate în figura 7*a*, unde la scară semilogaritmică sînt consemnați curenții armonici raportați la valoarea fundamentalei. Pentru fiecare curbă analizată, pe grafic s-a specificat valoarea efectivă a curentului compus. Dispersia conținutului de armonici este neînsemnată pentru armonici de ordin mic și crește pentru armoni-

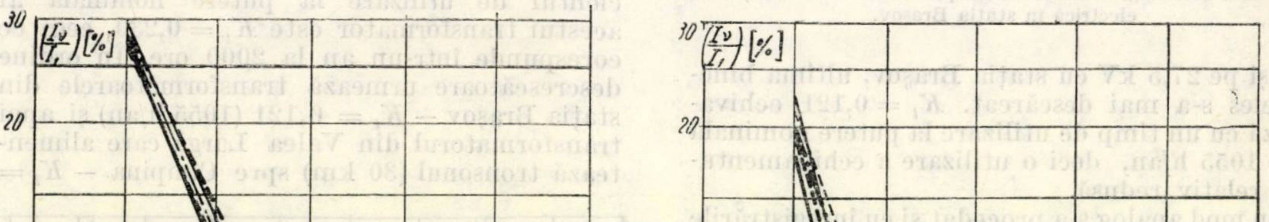


Fig. 7. Amplitudinile spectrale ale curbelor curentului absorbit de tracțiunea electrică :
a — stația Brașov — I_{RS} 0,53 I_n, $U = 110$ kV ; b — stația Valea Largă I_{RS} 1,1 I_n ; 110 kV ; 27,5 kV.

Tabela 2

Analiza armonică a curbelor U_{RS} pe barele de 110 kV în stația Brașov

U_{RS} kV	I_{RS} A	U_{RSef} %	$U_{RS}^{(3)}$ %	$U_{RS}^{(5)}$ %	$U_{RS}^{(7)}$ %	$U_{RS}^{(9)}$ %	$U_{RS}^{(11)}$ %	$U_{RS}^{(13)}$ %
108,6	0	100,03	2,0	1,3	0,9	0,8	—	—
107,4	26×2	100,08	3,8	0,6	0,9	2,0	—	—
105,9	36×2	100,06	2,3	1,6	0,3	1,4	2,0	0,7
105,6	54×2	100,09	3,6	0,8	1,2	1,7	1,7	0,8
99,4	71,5×2	100,20	5,5	0,9	1,0	3,1	1,6	2,1
101,5	77,5×2	100,06	2,0	0,3	1,5	2,4	0,6	0,5

cile de ordin superior; în schimb, ponderea primelor armonici este cu mult mai însemnată decît a celor de ordin superior.

Pe baza datelor furnizate de analiza spectrală s-a dedus o curbă mediată a curentului absorbit de tracțiunea electrică, curbă care ar putea fi luată în considerare la evaluarea armonicilor care ajung la generatoarele și consumatorii din apropiere.

Față de fundamentală, armonicile vor prezenta:

$$I^{(3)} \approx 28\%,\ I^{(5)} \approx 13\%,\ I^{(7)} \approx 7\%,$$
$$I^{(9)} \approx 7\%,\ I^{(11)} \approx 3\% \text{ etc.};$$

factorul deformant $K_{di} \approx 0{,}32$, iar factorul de putere $K \approx 0{,}83$.

Curba tensiunii între fazele RS pentru $I_{RS} \approx 0$ indică prezența armonicilor a treia și a cincea de valoare ce depășește cu puțin 2 % și respectiv 1 %. În sarcină, ponderea armonicilor crește (tabela 2), însă valorile lor relativ mici fac ca eroarea de prelucrare să fie de același ordin de mărime. În toate cazurile, coeficientul de distorsiune nu depășește 5 %, valoare admisă pentru mărimile considerate sinusoidale.

Înregistrări similare s-au făcut ulterior în stația Valea Largă în mai multe variante. În figura 8 se prezintă curbele tensiunii și curentului transformatorului ce alimentează linia ferată spre Brașov (48 km) simultan în primar și secundar, în situația în care stația din Brașov era deconectată, iar sarcina transformatorului care alimentează linia ferată spre Cîmpina era nulă ($I_{RT} = 0$).

Analiza armonică și valorile coeficienților de distorsiune și a factorului de putere rezultate pentru curbele din figura 8 sînt prezentate în tabela 3. Considerînd și alte curbe înregistrate în aceleași condiții, dar care nu au mai fost reproduse, se pot face unele medieri utile.

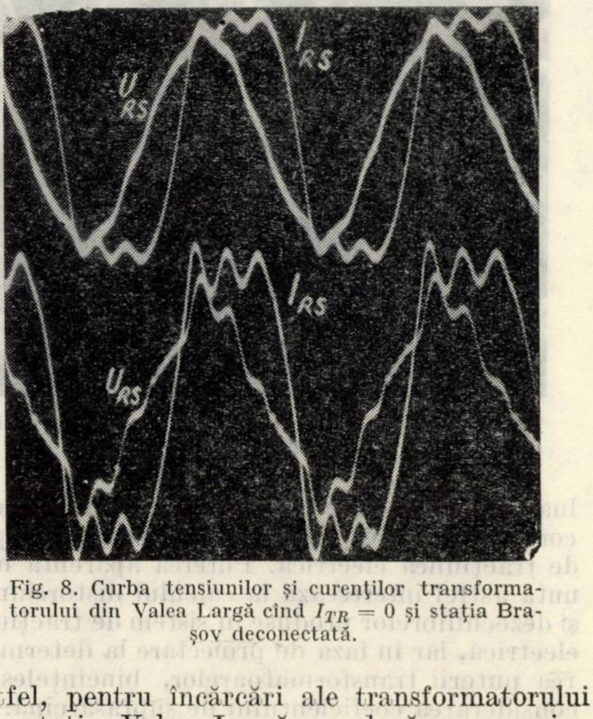


Fig. 8. Curba tensiunilor și curenților transformatorului din Valea Largă cînd $I_{TR} = 0$ și stația Brașov deconectată.

Astfel, pentru încărcări ale transformatorului din stația Valea Largă ce depășesc sarcina nominală, ponderea armonicilor este în general mai mică (figura 7*b*) decît în cazul precedent (figura 7*a*); față de fundamentală, armonicile vor prezenta:

$$I^{(3)} = 20\%,\ I^{(5)} = 6\%,\ I^{(7)} = 6\%,\ I^{(9)} = 2\% \text{ etc.}$$

Tabela 3

Ord. armonicii	U kV	I A	S kVA	cos φ	P kW	U kV	I A	S kVA	cos φ	P kW
1	107	178	19100	0,695	13250	24,9	680	16900	0,780	13170
3	6,02	34,15	203,5	0,990	202,5	3,02	163,5	492	0,241	119
5	1,15	7	8,05	0,341	2,75	1,45	35,2	51	0,930	47,5
7	4,7	8,51	40,01	0,610	24,65	2,64	57,1	151	0,922	138
9	2,01	4,19	8,41	0,224	1,89	1,15	28,1	32,3	0,645	20,6
11	0,52	0,11	0,57	0,570	0,33	0,32	2,52	0,8	0,628	0,50
13	0,76	0,18	0,14	0,887	0,12	0,38	2,54	0,97	0,347	0,33

$K_{du} = 0{,}075$; $K_{di} = 0{,}201$; $K = 0{,}695$ $K_{du} = 0{,}176$; $K_{di} = 0{,}255$; $K = 0{,}765$

Valorile medii ale coeficienţilor de distorsiune şi ale factorului de putere sînt :

— pe partea de 110 kV, $K_{du} = 0{,}063$, $K_{di} = 0{,}220$ şi $K = 0{,}700$;

— pe partea de 27,5 kV, $K_{du} = 0{,}183$, $K_{di} = 0{,}245$ şi $K = 0{,}775$.

Constatăm astfel că reducerea valorii coeficienţilor de distorsiune este însoţită de o micşorare a factorului de putere. Acest lucru trebuie luat în considerare la calculul puterii aparente corespunzătoare puterii active maxime impuse de tracţiunea electrică. Puterea aparentă obţinută astfel interesează la calculul distorsiunilor şi dezechilibrelor produse în sistem de tracţiunea electrică, iar în faza de proiectare la determinarea puterii transformatoarelor, bineînţeles cu considerarea coeficientului de suprasarcină.

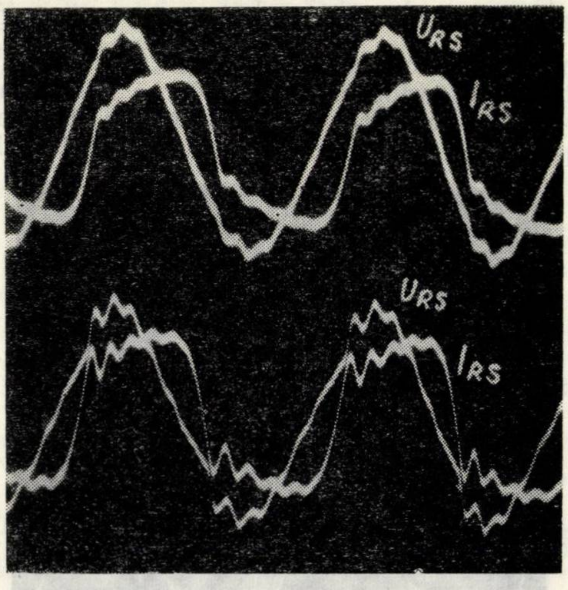


Fig. 9. Idem figura 8, cu deosebirea că se funcţionează în paralel cu staţia Braşov.

Calculînd din alte date (citirile watmetrelor şi varmetrelor, integrarea registrogramelor puterilor active şi reactive) un factor de putere mediu, s-au obţinut valori variind între 0,735 şi 0,910, deci superioare rezultatelor obţinute prin prelucrarea oscilogramelor. Prin faptul că metoda oscilografierii este cea mai riguroasă, rezultă că factorul de putere poate fi considerat ca variind între 0,70 şi 0,83, valoarea mai mare corespunzînd unor sarcini mai mici. Rezultatele obţinute prin celelalte metode s-ar putea explica prin aceea că staţiile funcţionează cea mai mare parte a timpului la sarcini relativ mici şi prin aceea că regimul deformant scoate din clasa de precizie aparatele de măsură din staţii.

În figura 9 se prezintă o oscilogramă caracteristică corespunzătoare sarcinii $I_{RS} = 0{,}45\ I_n$ în situaţia în care transformatorul din Valea Largă funcţionează în buclă cu staţia Braşov ; în acest caz, pe partea de 110 kV se obţine $K_{du} = 0{,}064$, $K_{di} = 0{,}214$, $K = 0{,}643$ şi, respectiv, pe partea de 27,5 kV $K_{du} = 0{,}114$, $K_{di} = 0{,}249$, $K = 0{,}751$. Valoarea mai mică a factorului de putere se poate explica prin prezenţa unui curent egalizator de circulaţie în buclă, curent care ar avea caracter inductiv pentru transformatorul din Valea Largă.

Concluzii

Din analiza caracteristicilor sarcinii solicitate de tracţiunea electrică pe calea ferată Braşov-Cîmpina rezultă următoarele :

1. Graficul de sarcină al tracţiunii electrice pe zonele dintre Braşov şi Cîmpina prezintă variaţii frecvente, pronunţate, cu discontinuităţi de la zero la plină sarcină (uneori suprasarcină) ; puterile maxime înregistrate sînt mai mici decît cele preliminate la proiectare ; timpul de utilizare la putere nominală a echipamentului staţiilor de transformare analizate este relativ redus ($t = 900 - 2\,000$ h/an).

2. Curentul absorbit de tracţiunea electrică conţine un bogat spectru de armonici, a căror amplitudine scade pe măsură ce creşte ordinul armonicii ; factorul de putere K şi amplitudinile armonicilor determinate în curba curentului absorbită în staţia Braşov sînt mai mari decît cele determinate în condiţii similare în staţia Valea Largă, fapt ce se poate constata din valorile mediate în tabela 4 (măsurătorile au fost făcute în etape diferite).

Tabela 4

Staţia	$I^{(1)}$ A	$I^{(3)}$ %	$I^{(5)}$ %	$I^{(7)}$ %	$I^{(9)}$ %	$I^{(11)}$ %	$I^{(13)}$ %	K_{di}	K_{du}	K_{110}
Braşov	150	28	13	7	7	3	1,5	0,320	0,05	0,83
Valea Largă	160	20	6	6	2	1	1	0,220	0,063	0,70

3. Armonicile tensiunilor pe partea de 110 kV sînt mult mai mici decît cele ale curenţilor. Factorul deformant nu depăşeşte 0,05 la Braşov

pentru o sarcină de 53 % din puterea instalată şi este 0,063 la Valea Largă pentru sarcini ce depăşesc puterea instalată.

4. Factorul de putere variază cu puterea absorbită în limite relativ extinse şi este minim posibil la suprasarcini; pe partea de 110 kV, valoarea minimă determinată a fost în staţia Valea Largă, $K_{110} = 0{,}700$.

Bibliografie

[1] Timotin, A., Hortopan, V. ş. a. *Lecţii de bazele electrotehnicii*, vol. II. Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1964.

[2] Ciortan, P. *Alimentarea cu energie electrică a căilor ferate electrificate în curent alternativ monofazat de 50 Hz.* Rev. Căile Ferate 7/1961; 8/1961.

[3] Buckel, R. *Probleme de influenţare în domeniul căilor ferate electrificate.* Elektrische Bahnen *35*, 1964, nr. 9; IDT, caiet selectiv: Electrificare — electrotehnică nr. 5, 1965.

[4] Schmidt, P. *Factorul de putere în reţelele de tracţiune monofazate şi elementele care-l influenţează.* Deutsche Eisenbahn Technik nr. 12, 1965; IDT, caiet selectiv: Electrificare — electrotehnică nr. 7, 1966.

(Articol intrat în redacţie la 22 septembrie 1967)

Determinarea tensiunii tranzitorii de restabilire prin metoda undelor staţionare

Dr. ing. Gh. Iacobescu *)

Această metodă oferă posibilitatea creării unor scheme echivalente de calcul cu parametri concentraţi, care au aceleaşi frecvenţe proprii ca şi schemele iniţiale. Metoda presupune utilizarea teoremei lui Thévenin şi permite determinarea frecvenţelor proprii şi amplitudinilor acestora la bornele întreruptoarelor care deconectează liniile electrice.

1. Principiul metodei

Fie $I(p)$ curentul de scurtcircuit operaţional, care traversează întreruptorul, şi $Z(p)$ impedanţa de intrare a unei reţele deconectate. Tensiunea tranzitorie de restabilire este dată [1] de ecuaţia:

$$\mathcal{L}(u)=Z(p)\,\mathcal{L}(i)=\frac{\mathcal{L}(i)}{Y(p)}, \tag{1}$$

a cărei parte din dreapta se poate descompune într-o sumă de fracţii ordinare.

Pentru o reţea cu constante concentrate, această descompunere este totdeauna posibilă, deoarece impedanţa operaţională $Z(p)$ se poate reprezenta sub forma unei sume de fracţii algebrice raţionale.

În reţelele electrice însă există şi elemente cu constante uniform distribuite, ceea ce face ca funcţia de impedanţă să fie aproape totdeauna o funcţie transcendentă, care poate avea un număr infinit de poli. Dacă aceste funcţii sînt meromorfe, atunci ele constituie generalizarea funcţiei algebrice raţionale, adică se pot descompune într-o sumă de fracţii ordinare al căror număr poate tinde către infinit şi cărora li se poate aplica transformata Laplace pentru fiecare membru în parte.

Obişnuit, funcţia de impedanţă este meromorfă, adică se poate descompune în fracţii ordinare.

Conducerea calculului se va face pe reţeaua dată în figura 1, care presupune o linie electrică alimentată de un grup generator-transformator, echivalat numai prin inductanţa concentrată L_0 $(C_0 \ll C)$. Linia electrică lungă a fost echivalată cu impedanţa sa de undă [2].

Pentru secţiunea 1—0 din figura 1 şi condiţiile unui scurtcircuit, ecuaţiile liniei fără pierderi sînt:

$$\overline{U}_1 = jZ_c I_0 \sin(\omega\sqrt{LC}) = E_0 \cos \omega t - j\omega L_0 \overline{I}_1 \tag{2}$$

$$\overline{I}_1 = \overline{I}_0 \cos(\omega\sqrt{LC}),$$

din care reiese că:

$$I_0 = \frac{E_0 \sin \theta\tau}{\omega\left[L_0 \cos\theta + L\dfrac{\sin\theta}{\theta}\right]}, \tag{3}$$

unde s-au făcut notaţiile:

$$\theta = \omega\sqrt{LC}; \quad \tau = \frac{t}{\sqrt{LC}}.$$

Pentru valori mici ale parametrului θ, curentul de scurtcircuit devine:

$$I_0 \cong \frac{E_0 \sin\theta\tau}{\omega(L_0 + L)}. \tag{3'}$$

Dacă se consideră tensiunea E_0 şi constantele liniei ca mărimi de bază şi unitare [3], curentul de scurtcircuit se poate pune sub forma operaţională următoare:

$$\mathcal{L}(i) = \frac{m}{\cos\theta + m\dfrac{\sin\theta}{\theta}} \cdot \frac{1}{p^2+\theta^2}, \tag{4}$$

în care $m = \frac{L}{L_0}$.

---

*) Dr. ing. Gh. Iacobescu este conferenţiar la Institutul politehnic „Gh. Gheorghiu-Dej" — Bucureşti.

Funcția de impedanță a figurii 1, văzută de la bornele întreruptorului, conform teoriei liniilor lungi, este dată de relația :

$$Z = \frac{Z_0 + Z_c \operatorname{th} \theta}{Z_c + Z_0 \operatorname{th} \theta}, \tag{5}$$

unde

$$Z_0 = p\, L_0 \quad \text{și} \quad Z_c = \sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Folosind aceleași mărimi de bază și unitare, ecuația (5) a impedanței se poate pune sub forma :

$$Z(p) = \frac{p + m \operatorname{th} p}{m + p \operatorname{th} p}. \tag{5'}$$

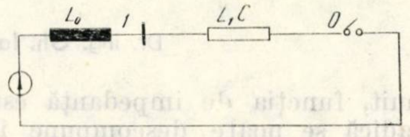


Fig. 1. Scurtcircuit la bornele întreruptorului montat în linia lungă 1 – 0.

iar tensiunea tranzitorie de restabilire, dată de ecuația (1), devine :

$$\mathcal{L}(u) = \frac{m}{\cos\theta + m\dfrac{\sin\theta}{\theta}} \cdot \frac{1}{p^2 + \theta^2} \cdot \frac{p + m \operatorname{th} p}{m + p \operatorname{th} p}. \tag{6}$$

Relația (6) constituie o funcție meromorfă, căreia i se poate aplica teorema dezvoltării în fracții ordinare a unei funcții ce cuprinde un număr infinit de poli.

Rădăcinile ecuației caracteristice a acestei funcții :

$$m + p \operatorname{th} p = 0 \tag{7}$$

constituie pulsațiile proprii ale oscilațiilor tensiunii tranzitorii de restabilire, a căror determinare se face prin metoda obișnuită de înlocuire a funcțiilor hiperbolice prin funcții trigonometrice.

Astfel, pentru $p = j\nu$ ecuația caracteristică (7) se poate pune sub forma :

$$\frac{m}{\nu} = \operatorname{tg} \nu \tag{7'}$$

și rădăcinile ei se determină grafic, din figura 2, sau prin încercări.

Tensiunea tranzitorie de restabilire se determină din descompunerea în fracții ordinare a expresiei (6), care se pune sub forma :

$$\mathcal{L}(u) = K\left[\left(\frac{1}{p - j\theta}\right)\left[\frac{A(p)}{B'(p)}\right]_{p=j\theta} + \right.$$
$$+ \left(\frac{1}{p + j\theta}\right)\left[\frac{A(p)}{B'(p)}\right]_{p=-j\theta} + \tag{7''}$$
$$\left. + \sum_{k=1}^{n}\left[\frac{A(p)}{B'(p)}\right]_{p=p_k} \cdot \left(\frac{1}{p - p_k}\right)\right],$$

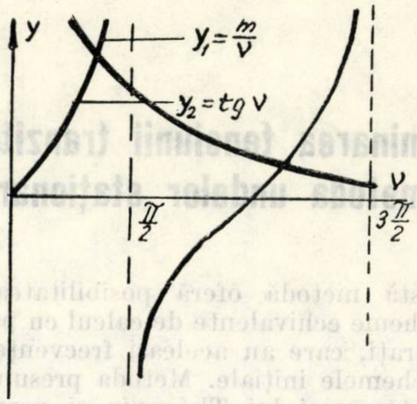


Fig. 2. Rezolvarea grafică a ecuației caracteristice a rețelei din figura 1.

unde, pentru simplificare, s-au introdus notațiile :

$$A(p) = p + m \operatorname{th} p\,;$$
$$B(p) = (p^2 + \theta^2)(m + p \operatorname{th} p)\,;$$
$$p_k = \pm j\nu_k\,;$$
$$K = \frac{m}{\cos\theta + m\dfrac{\sin\theta}{\theta}}.$$

Efectuînd operațiile din expresia (7''), se determină :

$$\left[\frac{A(p)}{B'(p)}\right]_{p=\pm j\theta} = \frac{1}{2\theta}\,\frac{\theta + m \operatorname{tg}\theta}{m - \theta \operatorname{tg}\theta}$$

și

$$\left[\frac{A(p)}{B'(p)}\right]_{p=\pm j\nu_k} = \frac{\nu_k + m \operatorname{tg}\nu_k}{\operatorname{tg}\nu_k + \nu_k(1 + \operatorname{tg}^2\nu_k)} \cdot \frac{1}{\theta^2 - \nu_k^2}. \tag{8}$$

Pe baza relațiilor (8), tensiunea tranzitorie de restabilire devine :

$$\mathcal{L}(u) = a_\omega \cdot \frac{p}{p^2 + \theta^2} - \sum_{1}^{n} a_{\nu_k} \cdot \frac{p}{p^2 + \nu_k^2}, \tag{9}$$

al cărei original este :

$$\mathcal{L}^{-1}(u) = a_\omega \cos\theta\tau - \sum_{1}^{n} a_{\nu_k} \cdot \cos \nu_k\tau, \tag{10}$$

unde s-au notat, pentru simplificare, amplitudinile corespunzătoare componentelor de frecvență industrială și de frecvențe înalte prin a_ω și a_{ν_k} care au expresiile :

$$a_\omega = \frac{m}{m \cos\theta - \theta \sin\theta},$$

$$a_{\nu_k} = \frac{m}{\cos\theta + m\dfrac{\sin\theta}{\theta}} \cdot 2 \cdot \frac{\nu_k^2 + m^2}{\nu_k^2 + m^2 + m} \cdot \frac{1}{\nu_k^2 - \theta^2}.$$

Dacă $\theta = \omega\sqrt{LC} \ll \frac{\pi}{2}$, ceea ce practic există de cele mai multe ori, atunci expresiile amplitudinilor se simplifică mult, iar ecuația (10) a tensiunii tranzitorii de restabilire devine :

$$\mathcal{L}^{-1}(u) = \frac{m}{m - \theta^2} \cdot \cos\theta\tau - \frac{m}{1+m}$$

$$\sum_1^n 2 \cdot \frac{\nu_k^2 + m^2}{\nu_k^2 + m^2 + m} \cdot \frac{\cos \nu_k \tau}{\nu_k^2 - \theta^2}. \qquad (10')$$

Relațiile (10) sau (10'), împreună cu ecuația caracteristică (7'), prin rezolvarea căreia se obțin valorile pulsațiilor proprii ν_k, servesc la explorarea integrală a procesului de restabilire a tensiunii la bornele întreruptorului montat la capătul 0 al liniei.

Pentru exemplificare, fie un circuit avariat de un scurtcircuit al unei linii de 110 kV, care leagă centralele Doicești și Grozăvești, cu caracteristicile din figura 3.

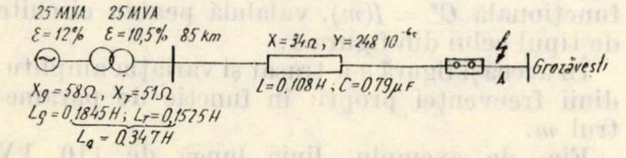


Fig. 3. Scurtcircuit la bornele întreruptorului montat în linia de 110 kV Doicești — Grozăvești.

Valoarea raportului m, dacă centrala are șase grupuri care funcționează în paralel, este :

$$m_6 = 6\, m_1 = 6\left(\frac{L}{L_0}\right) = 1{,}866$$

și

$$\theta = \omega\sqrt{LC} = 0{,}092 \ll \frac{\pi}{2}.$$

Prin rezolvarea ecuației caracteristice se obțin următoarele valori ale pulsațiilor :

$$\nu_1 = 1{,}07\,; \quad \nu_3 = 3{,}59.$$

Frecvențele și amplitudinile corespunzătoare sînt :

$$f_1 = \frac{1{,}07 \cdot 10^3}{2\pi\sqrt{0{,}108.0{,}79}} = 584 \text{ Hz} \quad f_3 = 1960 \text{ Hz}$$

$$a_\omega \cong 1{,}00 \quad a_1 = 93\,\% \quad a_3 = 7\,\%$$

Pentru $m = \frac{L}{L_0} = \infty$, se determină următoarele pulsații și amplitudini :

$\nu_1 = 1{,}571$	$f_1 = 858$ Hz	$a_1 = 81\ \%$
$\nu_3 = 4{,}713$	$f_3 = 2574$ Hz	$a_3 = 9{,}05\ \%$
$\nu_5 = 7{,}855$	$f_5 = 4290$ Hz	$a_5 = 3{,}28\ \%$
$\nu_7 = 10{,}997$	$f_7 = 6006$ Hz	$a_7 = 1{,}65\ \%$

Ținînd seamă de aceste rezultate, expresia tensiunii tranzitorii de restabilire devine :

— pentru $m = 1{,}866$ (toate grupurile în funcțiune) :

$$\mathcal{L}^{-1}(u) = \cos\,\theta\tau - 0{,}93\,\cos\,1{,}07\,\tau - - 0{,}07\,\cos\,3{,}59\,\tau\,;$$

— pentru $m \to \infty$ $(L_0 \gg L)$:

$$\mathcal{L}^{-1}(u) = \cos\,\theta\,\tau - 0{,}81\,\cos\,1{,}571\,\tau - - 0{,}0905\,\cos\,4{,}713\,\tau - - 0{,}0328\,\cos 7{,}855\,\tau - 0{,}0165\,\cos 10{,}997\,\tau - \ldots$$

Interpretarea rezultatelor conduce la următoarele concluzii.

1. Cu cît $L_0 > L$, cu atît este mai mare valoarea relativă a amplitudinii frecvenței proprii și invers. Factorul de amplitudine se va apropia de valoarea sa maximă cînd puterea grupurilor alternator-transformator devine mai mică. Același efect fizic se produce cînd inductanța L devine mică, adică lungimea liniei scade.

2. În cazul $m \to \infty$, frecvențele proprii ale oscilațiilor superioare se determină din relația :

$$\nu_k = (2k - 1)\frac{\pi}{2}, \quad \text{unde} \quad k = 1, 2, \ldots, n,$$

iar tensiunea tranzitorie de restabilire devine un șir armonic de forma :

$$\mathcal{L}^{-1}(u) = \frac{\cos\theta\tau}{\cos\theta} - \frac{2\,\theta}{\sin\,\theta}\sum_1^n \frac{\cos\,(2k-1)\dfrac{\pi}{2}\,\tau}{\left[(2k-1)\dfrac{\pi}{2}\right]^2 - \theta^2} \cdot \qquad (10'')$$

3. Pentru cazurile practice ale tensiunii tranzitorii de restabilire se poate efectua numai calculul frecvenței proprii care are amplitudinea cea mai mare. Acest lucru se constată, de altfel, și din datele de calcul ale exemplului indicat mai sus, în care componenta superioară are o amplitudine de numai 7%. Influența ei asupra valorii vitezei de creștere a tensiunii tranzitorii de restabilire și a factorului de amplitudine este neglijabilă, adică :

$v = 300$ V/μs, față de $v = 314$ V/μS,
$\gamma = 1{,}9$, față de $\gamma = 1{,}82$,

aşa cum reiese din figura 4, care redă curba tensiunii tranzitorii de restabilire, ţinînd seamă numai de prima frecvenţă proprie.

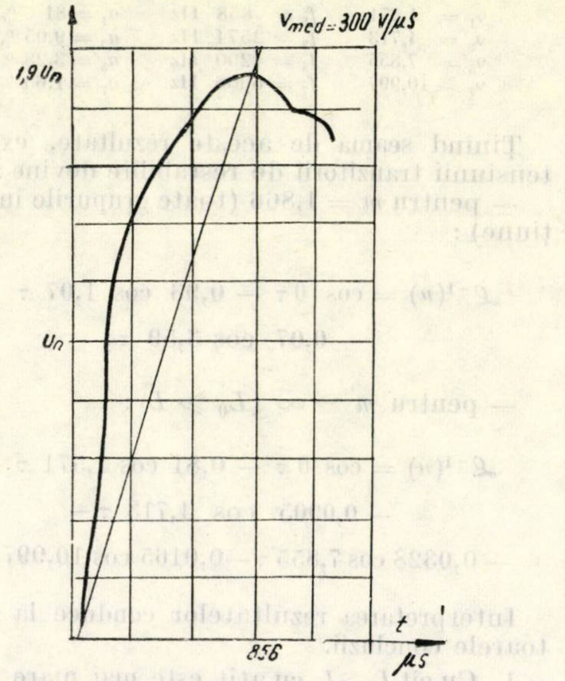


Fig. 4. Curba tensiunii tranzitorii de restabilire pentru reţeaua dată în figura 1.

2. Înlocuirea reţelei prin scheme echivalente cu parametri concentraţi

Ultima concluzie de la § 1 este foarte importantă, deoarece se poate determina frecvenţa proprie a reţelelor care comportă linii lungi, folosind de la început scheme echivalente cu parametri concentraţi.

Astfel, reţeaua din figura 1 se poate înlocui printr-o schemă echivalentă, ca în figura 5,

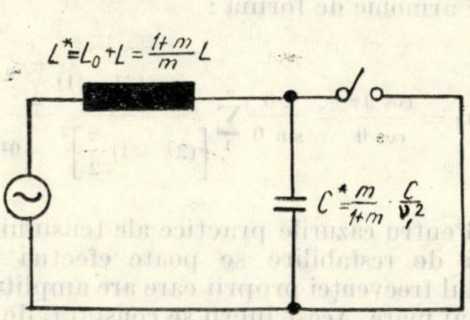

$L^*=L_0+L=\frac{1+m}{m}L$
$C^*=\frac{m}{1+m}\cdot\frac{C}{\nu_1^2}$

Fig. 5. Schema echivalentă cu parametri concentraţi a reţelei din figura 1.

care are o inductanţă $L^* = \frac{1+m}{m} L$ şi o capacitate $C^* = \frac{m}{1+m} \frac{C}{\nu_1^2}$ concentrate.

Capacitatea echivalentă concentrată C^* se defineşte ca funcţie de parametrul m, în aşa fel încît frecvenţele proprii ale celor două scheme echivalente să fie aceleaşi.

Pentru $L_0 = 0$ ($m = \infty$), valoarea capacităţii echivalente C^* a reţelei este 0,406 C, iar relaţia generală de calcul a frecvenţei proprii devine:

$$f_0 = \frac{1}{4\sqrt{LC}},$$

valabilă pentru liniile lungi sau înfăşurări ale maşinilor echivalente acestora.

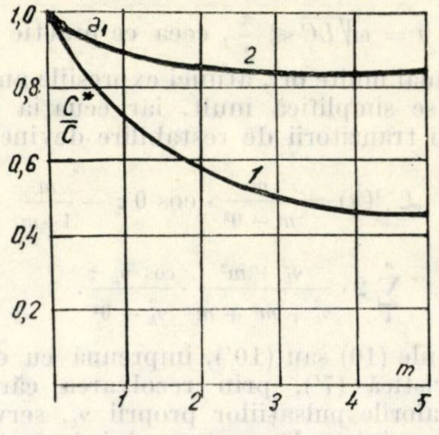


Fig. 6. Variaţia capacităţii echivalente şi a amplitudinii corespunzătoare frecvenţei proprii, pentru reţeaua din figura 1.

Pentru alte valori ale parametrului m, capacitatea echivalentă se scoate din curba *1* a figurii 6, în care a fost reprezentată dependenţa funcţională $C^* = f(m)$, valabilă pentru circuite de tipul celui din figura 1.

În aceeaşi figură s-a trasat şi variaţia amplitudinii frecvenţei proprii în funcţie de parametrul m.

Fie, de exemplu, linia lungă de 110 kV Doiceşti-Bucureşti-est, cu constantele indicate în figura 7, pentru care:

$$m_1 = \left(\frac{x}{x_0}\right) = 0{,}426; \quad m_6 = 2{,}556, \quad \theta = 0{,}123.$$

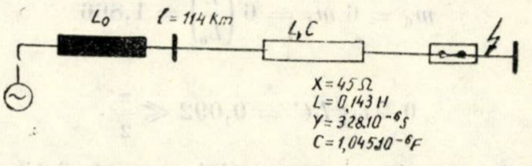


Fig. 7. Scurtcircuit la bornele întreruptorului montat în linia de 110 kV Doiceşti–Bucureşti-est.

Din curba *1* a figurii 6, pentru $m_6 = 2{,}556$, reiese:

$$\frac{C^*}{C} = 0{,}53 = \frac{m}{1+m}\,\frac{1}{\nu_1^2}$$

şi

$$\nu_1 = 1{,}17, \qquad f_1 = 483 \text{ Hz},$$

Din curba (2) reiese amplitudinea corespunzătoare:

$$a_1 = 84\,\%.$$

Rezultă că viteza de creștere a tensiunii tranzitorii de restabilire și factorul de amplitudine, care solicită întreruptorul la deconectare sînt:

$$v = 537.0{,}484 \cong 260\ \text{V}/\mu\text{S},$$
$$\gamma = 1{,}8.$$

al cărei original este:

$$\mathcal{L}^{-1}(u) = a_\omega \cos\theta\tau - \sum_1^n a_{\nu_k}\cdot\cos\nu_k\tau, \qquad (12)$$

unde

$$a_\omega \doteq \frac{m+n+mn}{m+n(1+m)-\theta^2},$$

$$\boxed{a_{\nu_k} = \frac{m+n+mn}{1+m}\,2\,\frac{\nu_k^2(m^2+\nu_k^2)}{\nu_k^4+\nu_k^2(m^2+n^2+m+n)+m^2n^2+mn\,(m+n)}\cdot\frac{1}{\nu_k^2-\theta^2}.}$$

În practică se întîlnesc rețele mai complicate, în sensul că defectul poate fi alimentat de două sau mai multe surse de energie. În cele ce urmează se dau astfel de exemple și se trasează curbe cu ajutorul cărora se pot face cercetări imediate asupra tensiunii tranzitorii de restabilire la bornele întreruptoarelor.

3. Defect alimentat de o sursă locală și o sursă conectată la o linie lungă

Fie defectul alimentat de încă o sursă locală, ca în figura 8.

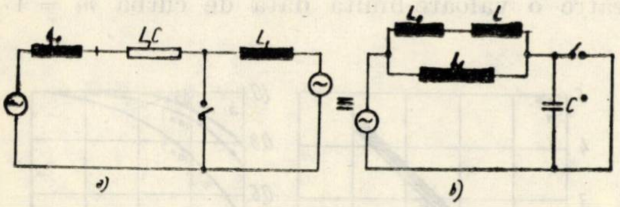


Fig. 8.:
a — schema inițială; *b* — schema echivalentă.

$$L^* = \frac{1+m}{m+n+mn}L;\ \frac{C^*}{C} = \frac{1}{\nu_1^2}\,\frac{m+n(1+m)}{1+m};$$

$$m = \frac{L}{L_0};\quad n = \frac{L}{L_1}.$$

Dacă se rezolvă operațional, se obține:

$$Z(p) = \frac{p(p+m\,\text{th}\,p)}{(p^2+mn)\,\text{th}\,p+(m+n)};$$

$$\mathcal{L}(i) \cong \frac{m+n(1+m)}{1+m}\,\frac{1}{p^2+\theta^2};$$

$$\mathcal{L}(u) =$$
$$= \frac{m+n(1+m)}{1+m}\,\frac{1}{p^2+\theta^2}\,\frac{p(p+m\,\text{th}\,p)}{(p^2+mn)\,\text{th}\,p+p(m+n)} \qquad (11)$$

în care

$$m = \frac{L}{L_0}\quad \text{și}\quad n = \frac{L}{L_1}.$$

Dezvoltînd ecuația (11) a tensiunii tranzitorii de restabilire, se determină:

$$\mathcal{L}(u) = a_\omega\frac{p}{p^2+\theta^2} - \sum_1^n a_{\nu_k}\cdot\frac{p}{p^2+\nu_k^2}, \qquad (11')$$

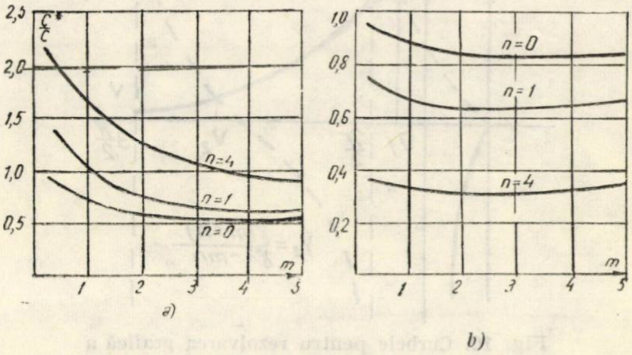


Fig. 9.:
a — capacitatea echivalentă a circuitului din figura 7;
b — amplitudinea frecvenței proprii a circuitului din figura 7.

Utilizînd schemele echivalente cu constante concentrate, se determină:

$$L^* = \frac{1+m}{m+n(1+m)}L;\quad \frac{C^*}{C} = \frac{1}{\nu_1^2}\,\frac{m+n(1+m)}{1+m}$$

și se trasează curbele din figura 9.

Se observă că pentru n crescător, capacitatea echivalentă a circuitului crește, în timp ce amplitudinea corespunzătoare frecvenței proprii scade apreciabil, pentru $n = 4$ oscilînd în jurul valorii de 30%. În acest caz ar fi necesar și calculul amplitudinii componentei superioare primei frecvențe proprii, care poate avea o oarecare influență asupra factorului de amplitudine. Lucrul acesta ar necesita trasarea altor curbe $a_2 = f(m, n)$, analoge celor din figura 9. Ele însă nu s-au trasat, fiind mai ușoară determinarea pulsației ν_2 din rezolvarea grafică a ecuației caracteristice, care se arată în figura 10, calculînd apoi amplitudinea cu parametrii m și n reali.

4. Defect alimentat de o sursă locală și o sursă de putere infinită conectată la o linie lungă (fig. 11)

Impedanța operațională și curentul de scurtcircuit sînt:

$$Z(p) = \frac{p\,\text{th}\,p}{p+(m+n\,p^2)\,\text{th}\,p},$$

$$\mathcal{L}(i) \cong \frac{m+1}{p^2+\theta^2}.$$

Tensiunea de restabilire care rezultă este:

$$\mathcal{L}(u) = (m+1)\frac{1}{p^2+\theta^2}\;\frac{p\,\mathrm{th}\,p}{p+(m+np^2)\,\mathrm{th}\,p}, \qquad (13)$$

a cărei ecuație caracteristică se poate pune sub forma:

$$\mathrm{tg}\,\nu_k = \frac{\nu_k}{\nu_k^2\cdot n - m}.$$

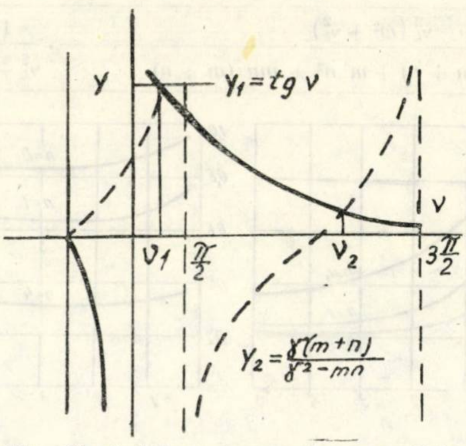


Fig. 10. Curbele pentru rezolvarea grafică a ecuației caracteristice a relației (11).

De asemenea

$$\left[\frac{A(p)}{B'(p)}\right]_{p=\pm j\theta} = \frac{1}{1+m-\theta^2 n}$$

$$\left[\frac{A(p)}{B'(p)}\right]_{p=\pm j\nu_k} =$$

$$= \frac{\nu_k\,\mathrm{tg}\,\nu_k}{2\,\nu_k\cdot n\,\mathrm{tg}\,\nu_k + (\nu_k^2\cdot n - m)(1+\mathrm{tg}^2\,\nu_k) - 1}\cdot\frac{1}{\theta^2-\nu_k^2}.$$

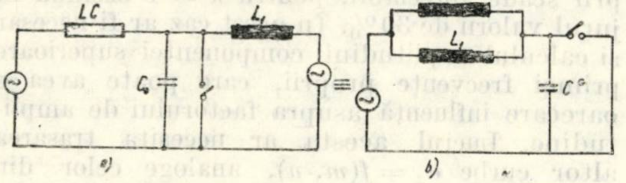


Fig. 11: *a* – schema inițială; *b* – schema echivalentă.

$$L^* = \frac{1}{1+m}L;\quad \frac{C^*}{C} = (1+m)\frac{1}{\nu_1^2};$$

$$m = \frac{L}{L_1};\quad n = \frac{C_0{}^*}{C}.$$

Dacă se ține seamă de ecuația caracteristică, se determină:

$$\left[\frac{A(p)}{B'(p)}\right]_{p=\pm j\nu_k} =$$

$$= \frac{\nu_k^2}{n^2\nu_k^4 + \nu_k^2(n+1-2\,mn) + m(1+m)}\;\frac{1}{\theta^2-\nu_k^2}.$$

Deci:

$$\mathcal{L}(u) = a_\omega\frac{p}{p^2+\theta^2} - \sum_1^n a_{\nu_k}\cdot\frac{p}{p^2+\nu_k^2}, \qquad (14)$$

al cărei original este:

$$\mathcal{L}^{-1}(u) = a_\omega\cos\theta\tau - \sum_1^n a_{\nu_k}\cdot\cos\nu_k\tau, \qquad (15)$$

unde

$$a_\omega = \frac{1+m}{1+m-\theta^2 n},$$

$$a_{\nu_k} = 2\frac{\nu_k^2(1+m)}{n^2\nu_k^4+\nu_k^2(n+1-2\,m\,n)+m(1+m)}\;\frac{1}{\nu_k^2-\theta^2}.$$

Folosind schemele echivalente cu parametrii concentrați (fig. 11), se trasează în figura 12 variația capacității echivalente funcție de parametrul n. În funcție de parametrul m, capacitatea echivalentă variază foarte puțin și se poate considera că pentru $n > 1$ valoarea lui C^* tinde către o valoare-limită dată de curba $m = 1$.

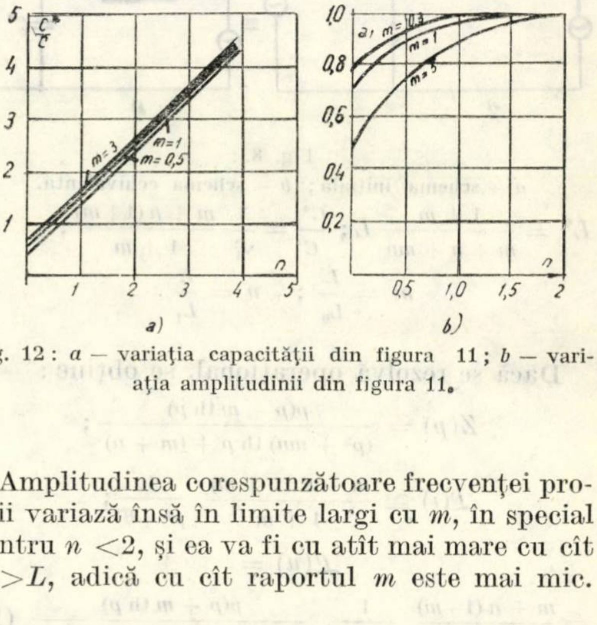


Fig. 12: *a* – variația capacității din figura 11; *b* – variația amplitudinii din figura 11.

Amplitudinea corespunzătoare frecvenței proprii variază însă în limite largi cu m, în special pentru $n < 2$, și ea va fi cu atît mai mare cu cît $L_1 > L$, adică cu cît raportul m este mai mic.

5. Defect alimentat de două surse de putere infinită, conectate prin linii lungi

Fie defectul de la bornele întreruptorului alimentat de două sisteme de putere infinită, conectate la două linii lungi, ca în figura 13.

Impedanța operațională a schemei și curentul de scurtcircuit sînt:

$$Z(p) = \frac{\operatorname{th} p \sqrt{\frac{m}{n}} \cdot \operatorname{th} \sqrt{m n \cdot p}}{\operatorname{th} p + \sqrt{\frac{m}{n}} \operatorname{th} \sqrt{mn}\, p},$$

$$\mathscr{L}(i) \cong \frac{1+m}{m} \; \frac{1}{p^2+\theta^2}.$$

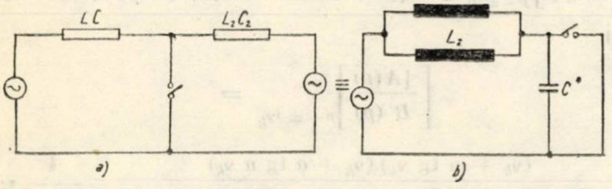


Fig. 13: *a* – schema inițială; *b* – schema echivalentă.

$$L^* = \frac{m}{1+m} L; \quad \frac{C^*}{C} = \frac{1+m}{m} \; \frac{1}{\nu_1^2};$$

$$m = \frac{L_2}{L} = n = \frac{C_2}{C}.$$

Deci

$$\mathscr{L}(u) = \frac{m+1}{m} \; \frac{1}{p^2+\theta^2} \; \frac{\sqrt{\frac{m}{n}} \cdot \operatorname{th} p \cdot th \cdot \sqrt{mn} \cdot p}{\operatorname{th} p + p \sqrt{\frac{m}{n}} \; \operatorname{th} \sqrt{mn}\, p}, \quad (16)$$

pentru care ecuația caracteristică se poate pune sub forma:

$$\operatorname{tg} \sqrt{m n} \cdot \nu = - \sqrt{\frac{n}{m}} \; \operatorname{tg} \nu. \quad (17)$$

Folosind notațiile anterioare și pentru $\theta \ll \frac{\pi}{2}$, se determină:

$$\left[\frac{A(p)}{B'(p)}\right]_{p=\pm j\theta} \cong \frac{\theta \sqrt{\frac{m}{n}} \cdot \theta \sqrt{mn}}{2\theta\left(\theta + \sqrt{\frac{m}{n}} \cdot \sqrt{mn} \cdot \theta\right)} = \frac{m}{2(1+m)}.$$

De asemenea:

$$\left[\frac{A(p)}{B'(p)}\right]_{p=\pm j\nu_k} =$$

$$= \frac{\operatorname{tg} \nu_k \cdot \sqrt{\frac{m}{n}} \cdot \operatorname{tg} \sqrt{mn} \cdot \nu_k}{1 + \operatorname{tg}^2 \nu_k + m + m \operatorname{tg}^2 \sqrt{m \cdot n} \cdot \nu_k} \cdot \frac{1}{\theta^2 - \nu_k^2} =$$

$$= \frac{\operatorname{tg}^2 \nu_k}{\operatorname{tg}^2 \nu_k (n+1) + (m+1)} \cdot \frac{1}{\theta^2 - \nu_k^2},$$

în care s-a ținut seama de ecuația caracteristică.

Rezultă pe baza acestor date:

$$\mathscr{L}^{-1}(u) = a_\omega \cos \theta\tau - \sum_1^n a_{\nu_k} \cos \nu_k \tau, \quad (18)$$

unde:

$$a_\omega = 1,$$

$$a_{\nu_k} = \frac{m+1}{m} \; \frac{2 \operatorname{tg}^2 \nu_k}{(1+n) \operatorname{tg}^2 \nu_k + (1+m)} \; \frac{1}{\nu_k^2 - \theta^2}.$$

În practică însă, $m = \frac{L_2}{L} = n = \frac{C_2}{C},$ dacă circuitele sînt de aceeași natură. Pentru această situație reiese că:

$$a_\omega = 1$$

$$a_{\nu_k} = \frac{m+1}{m} \, 2 \; \frac{\operatorname{tg}^2 \nu_k}{(1+m)(1+\operatorname{tg}^2 \nu_k)} \; \frac{1}{\nu_k^2 - \theta^2} =$$

$$= \frac{1}{m} \, 2 \sin^2 \nu_k \frac{1}{\nu_k^2 - \theta^2}$$

$$\mathscr{L}^{-1}(u) = \cos \theta\tau -$$

$$- \frac{1}{m} \sum_1^n 2 \sin^2 \nu_k \; \frac{1}{\nu_k^2 - \theta^2} \cos \nu_k \tau. \quad (19)$$

Valorile capacității echivalente și ale amplitudinii corespunzătoare frecvenței proprii sînt redate în figura 14.

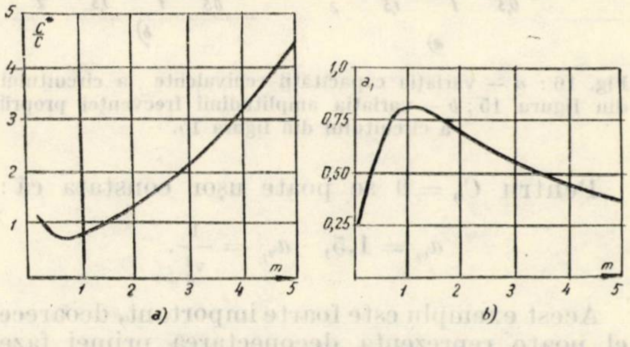


Fig. 14: *a* – variația capacității echivalente pentru schema din figura 13; *b* – variația amplitudinii pentru schema din figura 13.

6. Defect alimentat de o sursă de putere infinită conectată prin linii de energie înseriate (fig. 15)

Impedanța operațională și curentul de scurtcircuit sînt:

$$Z(p) = \frac{3 \operatorname{th} p}{2 + \operatorname{th}^2 p + 3\, np \operatorname{th} p} \qquad \mathscr{L}(i) \cong \frac{1}{p^2+\theta^2}.$$

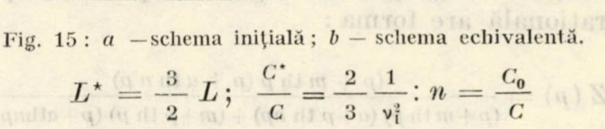


Fig. 15: *a* – schema inițială; *b* – schema echivalentă.

$$L^\star = \frac{3}{2} L; \quad \frac{C^\star}{C} = \frac{2}{3} \frac{1}{\nu_1^2} : n = \frac{C_0}{C}$$

Tensiunea de restabilire operațională este:

$$\mathscr{L}(u) = a_\omega \frac{p}{p^2+\theta^2} - \sum_1^n a_{\nu_k} \cdot \frac{p}{p^2+\nu_k^2}, \quad (20)$$

sau

$$\mathcal{L}^{-1}(u) = a_\omega \cos \theta \tau - \sum_1^n a_{\nu_k} \cdot \cos \nu_k \tau \quad (21)$$

unde

$$a_\omega = 1{,}5,$$

$$a_{\nu_k} = \frac{6 \operatorname{tg}^2 \nu_k}{(\operatorname{tg}^2 \nu_k + 1)(\operatorname{tg}^2 \nu_k + 2) + 3n \operatorname{tg}^2 \nu_k} \frac{1}{\nu_k^2}.$$

Variaţia capacităţii echivalente şi a amplitudinii frecvenţei proprii sînt redate în figura 16.

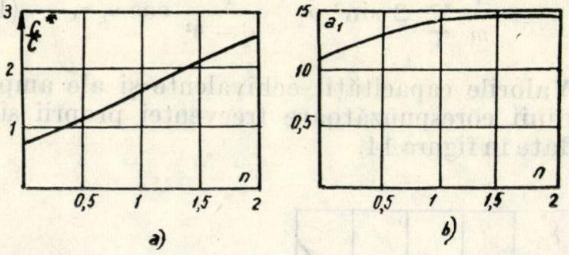


Fig. 16: *a* — variaţia capacităţii echivalente a circuitului din figura 15; *b* — variaţia amplitudinii frecvenţei proprii a circuitului din figura 15.

Pentru $C_0 = 0$ se poate uşor constata că:

$$a_\omega = 1{,}5, \quad a_{\nu_k} = \frac{1}{\nu_k^2}.$$

Acest exemplu este foarte important, deoarece el poate reprezenta deconectarea primei faze a unui generator, la bornele căruia s-a produs un scurtcircuit trifazat. În acest caz, curba tensiunii tranzitorii de restabilire prezintă un factor de amplitudine ridicat ($\gamma > 2{,}5$).

7. Defect alimentat de două surse de energie conectate prin linii lungi

În figura 17 se presupune deconectarea unui scurtcircuit trifazat, alimentat de două sisteme electrice, conectate prin două linii lungi. Cu notaţiile din figură, impedanţa operaţională are forma:

$$Z(p) = \frac{(p + m \operatorname{th} p\, (p + a \operatorname{th} n p)}{(p + m \operatorname{th} p)(a + p \operatorname{th} np) + (m + p \operatorname{th} p)(p + a \operatorname{th} np)},$$

iar curentul operaţional:

$$\mathcal{L}(i) = \frac{m + a(1 + m + mn)}{(1 + m)(1 + an)} \frac{1}{p^2 + \theta^2}.$$

Tensiunea tranzitorie de restabilire care rezultă este:

$$\boxed{\mathcal{L}(u) = Z(p)\,\mathcal{L}(i) = \frac{m + a(1 + m + mn)}{(1 + m)(1 + an)} \frac{1}{p^2 + \theta^2} \frac{(p + m \operatorname{th} p)(p + a \operatorname{th} np)}{(p + m \operatorname{th} p)(a + p \operatorname{th} np) + (m + p \operatorname{th} p)(p + a \operatorname{th} np)}.}$$

De asemenea:

$$\left[\frac{A(p)}{B'(p)}\right]_{p = \pm j\theta} = \frac{(1 + m)(1 + an)}{2[(1 + m)(a - n\theta^2) + (m - \theta^2(1 + an)]}$$

şi

$$\left[\frac{[A(p)}{B'(p)}\right]_{p = \pm j\nu_k} =$$

$$= \frac{(\nu_k + m \operatorname{tg} \nu_k)(\nu_k + a \operatorname{tg} n\, \nu_k)}{(1 + \operatorname{tg}^2 \nu_k) P + (1 + \operatorname{tg}^2 n\, \nu_k) R + 2\nu_k (\operatorname{tg} \nu_k + \operatorname{tg} n\, \nu_k) + S} \frac{1}{\theta^2 - \nu_k^2},$$

unde s-a notat

$$P = m \operatorname{tg} n\, \nu_k + a \cdot \nu_k \cdot \operatorname{tg} n\, \nu_k - a \cdot m;$$

$$R = n \nu_k^2 + an\, \nu_k \operatorname{tg} \nu_k + m\, \nu_k \operatorname{tg} \nu_k - a\, mn;$$

$$S = (\operatorname{tg} n\, \nu_k \operatorname{tg} \nu_k - 1)(a + m).$$

Tensiunea operaţională, pe baza datelor calculate, devine:

$$\mathcal{L}(u) = a_\omega \frac{p}{p^2 + \theta^2} - \sum_1^n a_{\nu_k} \cdot \frac{p}{p^2 + \nu_k^2} \quad (23)$$

şi respectiv:

$$\mathcal{L}^{-1}(u) = a_\omega \cos \theta \tau - \sum_1^n a_{\nu_k} : \cos \nu_k \tau, \quad (24)$$

unde:

$$a_\omega = \frac{m + a(1 + m + nm)}{(1 + m)(a - n\theta^2) + (m - \theta^2)(1 + an)};$$

$$\boxed{a_{\nu_k} = Q \frac{(\nu_k + m \operatorname{tg} \nu_k)(\nu_k + a \operatorname{tg} n\, \nu_k)}{(1 + \operatorname{tg}^2 \nu_k) P + (1 + \operatorname{tg}^2 n\, \nu_k) R + 2\nu_k (tg\, \nu_k + \operatorname{tg} n\, \nu_k) + (\operatorname{tg} \nu_k \cdot \operatorname{tg} n\, \nu_k - 1)(a + m)} \cdot \frac{1}{\nu_k^2 - \theta^2};}$$

$$Q = 2 \frac{m + a(1 + m + mn)}{(1 + m)(1 + an)};$$

În acest caz, desigur că ar fi foarte greu de trasat variaţia capacităţii echivalente şi a

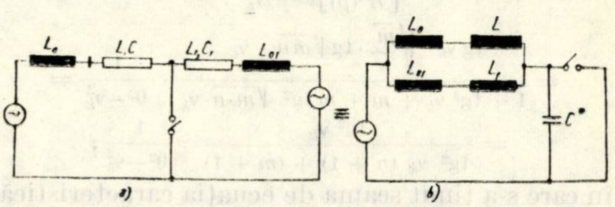


Fig. 17: *a* — schema iniţială; *b* — schema echivalentă.

$$L^* = \frac{(1 + m)(1 + a\, n)}{1 + a + am(1 + n)} L;$$

$$\frac{C^*}{C} = \frac{1 + a + am(1 + an)}{(1 + m)(1 + an)} \frac{1}{\nu_1^2};$$

$$m = \frac{L}{L_0}; \quad n = \frac{L_1}{L} = \frac{C_1}{C}; \quad a = \frac{L}{L_{01}}.$$

amplitudinii frecvenţei proprii, în funcţie de a, m şi n. În acelaşi timp, utilitatea acestui lucru este redusă, deoarece erorile de citire a valorilor acestora ar fi apreciabile pentru cazurile de intrapolare sau extrapolare. Micşorarea lor ar necesita trasarea unor adevărate reţele de curbe, sau variaţia lentă a celor două funcţii în raport cu cel puţin una din cele două variabile.

De aceea, în situaţii similare circuitului din figura 17, se poate porni la determinarea pulsaţiei ν_1 din ecuaţia caracteristică şi apoi la calculul capacităţii echivalente C^* şi amplitudinii a_1, folosind valorile reale pentru a, m şi n.

Totuşi se poate indica şi un mod general de soluţionare a problemei, prin folosirea superpoziţiei şi utilizarea pentru fiecare circuit în paralel a curbei *1* din figura 6.

Concluzii

Determinarea tensiunii tranzitorii de restabilire la bornele întreruptoarelor prin metoda undelor staţionare se poate efectua ţinînd seamă că funcţia de impedanţă este, în general, o funcţie meromorfă. Frecvenţele proprii, cu care oscilează reţeaua la întreruperea scurtcircuitului, sînt rădăcinile ecuaţiei caracteristice a acestei funcţii.

Amplitudinile corespunzătoare se determină în funcţie de constantele reţelei, iar tensiunea tranzitorie de restabilire va avea forma generală dată de ecuaţia (10).

În general, însă, frecvenţele proprii superioare primei frecvenţe proprii de oscilaţie, precum şi amplitudinile acestora, se pot neglija, deoarece ele influenţează în mică măsură valoarea vitezei de creştere şi a factorului de amplitudine al tensiunii tranzitorii de restabilire. Această simplificare permite întocmirea unor scheme echivalente cu parametri concentraţi, care au o frecvenţă proprie de oscilaţie egală cu prima frecvenţă proprie a schemei reale, pentru care se pot trasa grafice de variaţie în funcţie de constantele reţelei. Amplitudinea corespunzătoare frecvenţei proprii se poate reprezenta de asemenea grafic, în funcţie de constantele reţelei.

În acest fel sînt posibile determinări rapide ale celor două mărimi caracteristice ale tensiunii tranzitorii de restabilire (viteza de creştere sau frecvenţa proprie de oscilaţie şi factorul de amplitudine), în caz de scurtcircuit la bornele unui întreruptor, folosind grafice de variaţie trasate pentru diverse reţele electrice.

Bibliografie

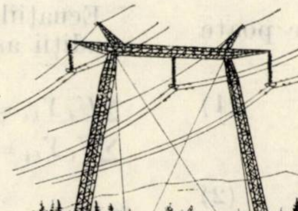
[1] Iacobescu, Gh. *Scheme echivalente pentru calculul tensiunii tranzitorii de restabilire*. Energetica nr. 7, 1966.

[2] Mortlock, R. J. *A.C. Switchgear — A Survey of Requirements*, cap. 8, vol. I, 1956.

[3] Hammarlund, P. *Vostanovlivaiuscesia napriajenie na kontaktah vikliuciateliia*, cap. B — δ. Traducere în limba rusă, 1956.

[4] Angot, A. *Complemente de matematici pentru inginerii electricieni*, cap. 8. Traducere în limba română, 1966.

(Articol intrat în redacţie la 23 decembrie 1966)



Considerații privind conservarea puterilor în schemele cu generator echivalent

Ing. **H. Albert** *

În practica studiilor de sisteme energetice este încă utilizată metoda schemelor echivalente. Între acestea, schema generatorului echivalent (de tensiune sau curent) este utilizată atît în probleme de studiu al stabilității [4] cît și în unele probleme de regimuri.

După cum se știe, generatorul echivalent (de tensiune sau curent) realizează o echivalare a regimului pentru latura în raport cu care el a fost construit. Dacă generatoarele rețelei (ca impedanțe, t.e.m. sau curenți de scurtcircuit) și parametrii acesteia se păstrează, curenții prin latură, respectiv tensiunea la bornele ei, pentru diferite impedanțe ($\underline{Z}_{AB}$) ale laturii, sînt fidel determinați prin calcul pe schema echivalentă.

$$\underline{I}_{AB} = \frac{\underline{U}_{AB_0}}{\underline{Z}_{AB_0} + \underline{Z}_{AB}} \qquad \underline{U}_{AB} = \frac{\underline{I}_{scc\,AB}}{\underline{Y}_{AB_0} + \underline{Y}_{AB}}.$$

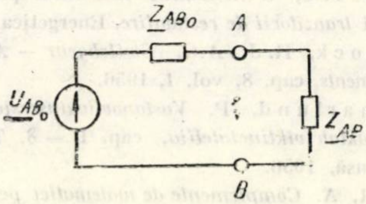


Fig. 1. *a*

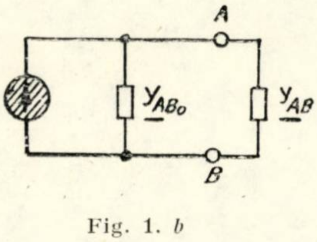


Fig. 1. *b*

Generatorul echivalent de tensiune se poate obține din sistemul de ecuații

$$[U] = [Z]\ [I] \tag{1}$$

sau

$$[I] = [U]\ [Y] \tag{2}$$

scrise pentru schema rețelei în care sînt reprezentate și generatoarelor prin reactanțele lor și în care:

a) pentru determinarea tensiunii de mers în gol $\underline{U}_{AB_0}$, impedanța $\underline{Z}_{AB} \to \infty$ ($\underline{Y}_{AB} = 0$).

b) pentru determinarea impedanței generatorului echivalent t.e.m. $\underline{E}$ se vor anula ($\underline{I}_{scc} = 0$), iar sistemul de ecuații se va rezolva pentru $\underline{I}_{AB} = 1$. Tensiunea $\underline{U}_{AB}$ obținută va permite determinarea impedanței:

$$\underline{Z}_{AB_0} = \frac{\underline{U'}_{AB}}{\underline{I}_{AB}} = \underline{U'}_{AB}. \tag{3}$$

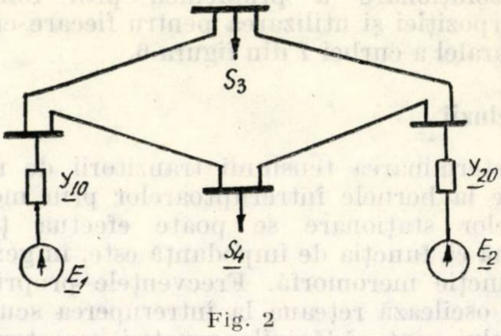


Fig. 2

În cele ce urmează se vor arăta în ce măsură schema generatorului echivalent este conservativă pentru pierderi.

Analiza va fi făcută separat pentru cele două generatoare. Pentru simplificarea expunerii vom considera o schemă cu patru noduri: două noduri generatoare și două noduri consumatoare. Ca nod de referință se alege pămîntul.

Teorema generatorului echivalent folosește metoda suprapunerii efectelor și deci se poate aplica numai rețelelor liniare. În acest caz se impune deci și liniarizarea sarcinilor, procedeu larg folosit în electrotehnica de rețele:

$$\underline{S} = \underline{Y}^{*}\, \underline{U}^{2}. \tag{4}$$

Ecuațiile de regim se vor scrie în aceste condiții astfel:

$$\begin{aligned} &\Sigma \underline{U}_i\, \underline{Y}_{ki} = \underline{E}_i\, \underline{Y}_{i0} && \text{pentru nodurile } i = 1{,}2 \\ &\Sigma \underline{U}_i\, \underline{Y}_{ki} = 0 && \text{pentru nodurile } i = 3{,}4 \end{aligned} \tag{5}$$

sau:

$$\begin{aligned} \underline{U}_1 \underline{Y}_{11} - \underline{U}_2 \underline{Y}_{12} - \underline{U}_3 \underline{Y}_{13} - \underline{U}_4 \underline{Y}_{14} &= \underline{E}_1 \underline{Y}_{10} \\ -\underline{U}_1 \underline{Y}_{21} + \underline{U}_2 \underline{Y}_{22} - \underline{U}_3 \underline{Y}_{23} - \underline{U}_4 \underline{Y}_{24} &= \underline{E}_2 \underline{Y}_{20} \\ -\underline{U}_1 \underline{Y}_{31} - \underline{U}_2 \underline{Y}_{32} + \underline{U}_3 \underline{Y}_{33} - \underline{U}_4 \underline{Y}_{34} &= 0 \\ -\underline{U}_1 \underline{Y}_{41} - \underline{U}_2 \underline{Y}_{42} - \underline{U}_3 \underline{Y}_{43} + \underline{U}_4 \underline{Y}_{44} &= 0 \end{aligned} \tag{6}$$

---

*) H. Albert este inginer proiectant specialist la Institutul de studii și proiectări energetice.

Termenii diagonali cuprind admitanțele proprii ale nodurilor și admitanțele de legătură dintre nodul respectiv și nodurile învecinate.

O variație a sarcinii unui nod revine la o variație a admitanței proprii (de sarcină) a nodului respectiv.

Dacă studiem comportarea schemei echivalente pentru o variație a sarcinii nodului 3, se poate scrie:

$$\underline{Y}_{33} = \underline{Y}_{30} + \sum_{i \neq 3} \underline{Y}_{3i} ,$$

în care $\underline{Y}_{30}$, impedanța de sarcină, poate avea diferite valori.

În acest caz, soluțiile sistemului de ecuații (2) vor fi:

$$\left.\begin{aligned}
\underline{U}_1 &= \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{\underline{A}_1 + \underline{Y}_{30}\,\underline{B}_1}{\underline{C} + \underline{Y}_{30}\,\underline{D}}\\
\underline{U}_2 &= \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{\underline{A}_2 + \underline{Y}_{30}\,\underline{B}_2}{\underline{C} + \underline{Y}_{30}\,\underline{D}}\\
\underline{U}_3 &= \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{\underline{A}_3}{\underline{C} + \underline{Y}_{30}\,\underline{D}}\\
\underline{U}_4 &= \frac{\Delta_4}{\Delta} = \frac{\underline{A}_4 + \underline{Y}_{30}\,\underline{B}_4}{\underline{C} + \underline{Y}_{30}\,\underline{D}}
\end{aligned}\right. \qquad (7)$$

unde:

$$\Delta = \begin{vmatrix} \underline{Y}_{11} & -\underline{Y}_{12} & -\underline{Y}_{13} & -\underline{Y}_{14}\\ -\underline{Y}_{21} & \underline{Y}_{22} & -\underline{Y}_{23} & -\underline{Y}_{24}\\ -\underline{Y}_{31} & -\underline{Y}_{32} & +\underline{Y}_{33} & -\underline{Y}_{34}\\ -\underline{Y}_{41} & +\underline{Y}_{42} & -\underline{Y}_{43} & +\underline{Y}_{44} \end{vmatrix} =$$

$$= \begin{vmatrix} \underline{Y}_{11} & -\underline{Y}_{12} & -\underline{Y}_{13} & -\underline{Y}_{14}\\ -\underline{Y}_{21} & -\underline{Y}_{22} & -\underline{Y}_{23} & -\underline{Y}_{24}\\ -\underline{Y}_{31} & -\underline{Y}_{32} & (\underline{Y}_{33} - \underline{Y}_{30}) & -\underline{Y}_{34}\\ -\underline{Y}_{41} & -\underline{Y}_{42} & -\underline{Y}_{43} & +\underline{Y}_{44} \end{vmatrix} +$$

$$+ \underline{Y}_{30} \begin{vmatrix} \underline{Y}_{11} & -\underline{Y}_{12} & -\underline{Y}_{13} & -\underline{Y}_{14}\\ -\underline{Y}_{21} & -\underline{Y}_{22} & -\underline{Y}_{23} & -\underline{Y}_{24}\\ -0 & 0 & 1 & 0\\ -\underline{Y}_{41} & -\underline{Y}_{42} & -\underline{Y}_{43} & +\underline{Y}_{44} \end{vmatrix} =$$

$$= \underline{C} + \underline{Y}_{30}\,\underline{D}$$

Analog:

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} \underline{E}_1\,\underline{Y}_{10} & -\underline{Y}_{12} & -\underline{Y}_{13} & -\underline{Y}_{14}\\ \underline{E}_2\,\underline{Y}_{20} & \underline{Y}_{22} & -\underline{Y}_{23} & -\underline{Y}_{24}\\ 0 & -\underline{Y}_{32} & (\underline{Y}_{33} - \underline{Y}_{30}) & -\underline{Y}_{34}\\ 0 & -\underline{Y}_{42} & -\underline{Y}_{43} & +\underline{Y}_{44} \end{vmatrix} +$$

$$+ \underline{Y}_{30} \begin{vmatrix} \underline{E}_1\,\underline{Y}_{10} & -\underline{Y}_{12} & -\underline{Y}_{13} & -\underline{Y}_{14}\\ \underline{E}_2\,\underline{Y}_{20} & \underline{Y}_{22} & \underline{Y}_{23} & \underline{Y}_{24}\\ 0 & 0 & 1 & 0\\ 0 & -\underline{Y}_{42} & -\underline{Y}_{43} & +\underline{Y}_{44} \end{vmatrix} =$$

$$= \underline{A}_1 + \underline{Y}_{30}\,\underline{B}_1$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} \underline{Y}_{11} & \underline{E}_1\,\underline{Y}_{10} & -\underline{Y}_{13} & -\underline{Y}_{14}\\ \underline{Y}_{21} & \underline{E}_2\,\underline{Y}_{20} & -\underline{Y}_{23} & -\underline{Y}_{24}\\ -\underline{Y}_{31} & 0 & (\underline{Y}_{33} - \underline{Y}_{30}) & -\underline{Y}_{34}\\ -\underline{Y}_{41} & 0 & -\underline{Y}_{43} & +\underline{Y}_{44} \end{vmatrix} +$$

$$+ \underline{Y}_{30} \begin{vmatrix} \underline{Y}_{11} & \underline{E}_1\,\underline{Y}_{10} & -\underline{Y}_{13} & -\underline{Y}_{14}\\ \underline{Y}_{21} & \underline{E}_2\,\underline{Y}_{20} & -\underline{Y}_{23} & -\underline{Y}_{24}\\ 0 & 0 & 1 & 0\\ -\underline{Y}_{41} & 0 & -\underline{Y}_{43} & +\underline{Y}_{44} \end{vmatrix} =$$

$$= \underline{A}_2 + \underline{Y}_{30}\,\underline{B}_2$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} \underline{Y}_{11} & -\underline{Y}_{12} & \underline{E}_1\,\underline{Y}_{10} & -\underline{Y}_{14}\\ -\underline{Y}_{21} & \underline{Y}_{22} & \underline{E}_2\,\underline{Y}_{20} & -\underline{Y}_{24}\\ -\underline{Y}_{31} & \underline{Y}_{32} & 0 & -\underline{Y}_{34}\\ -\underline{Y}_{41} & -\underline{Y}_{42} & 0 & -\underline{Y}_{44} \end{vmatrix} = \underline{A}_3$$

$$\Delta_4 = \begin{vmatrix} \underline{Y}_{11} & -\underline{Y}_{12} & -\underline{Y}_{13} & -\underline{E}_1\,\underline{Y}_{10}\\ -\underline{Y}_{21} & -\underline{Y}_{22} & -\underline{Y}_{23} & -\underline{E}_2\,\underline{Y}_{20}\\ -\underline{Y}_{31} & -\underline{Y}_{32} & +(\underline{Y}_{33} - \underline{Y}_{30}) & 0\\ -\underline{Y}_{41} & -\underline{Y}_{42} & -\underline{Y}_{43} & 0 \end{vmatrix} +$$

$$+ \underline{Y}_{30} \begin{vmatrix} \underline{Y}_{11} & -\underline{Y}_{12} & -\underline{Y}_{13} & -\underline{E}_1\,\underline{Y}_{10}\\ -\underline{Y}_{21} & -\underline{Y}_{32} & -\underline{Y}_{23} & -\underline{E}_2\,\underline{Y}_{20}\\ 0 & 0 & 1 & 0\\ -\underline{Y}_{41} & -\underline{Y}_{42} & -\underline{Y}_{43} & -0 \end{vmatrix} =$$

$$= \underline{A}_4 + \underline{Y}_{30}\,\underline{B}_4$$

Elementele schemei generatorului echivalent de tensiune se obțin:

$$\left.\begin{aligned} &\underline{U}_{30} = \frac{\underline{A}_3}{\underline{C}}\\ \text{și}&\\ &\underline{Z}_{ABo} = \frac{\underline{D}}{\underline{C}}. \end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

Schema echivalentă

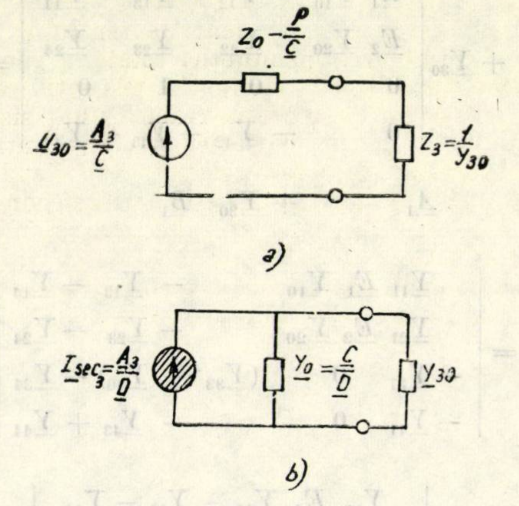


Fig. 3

permite determinarea :

— Curentului prin latura 3 (nod 3 — pămînt)

$$\underline{I}_3 = \frac{\frac{\underline{A}_3}{\underline{C}}}{\frac{\underline{D}}{\underline{C}} + \frac{1}{\underline{Y}_{30}}} = \underline{A}_3 \frac{\underline{Y}_{30}}{\underline{C} + \underline{D}\,\underline{Y}_{30}}$$

— tensiunii $\underline{U}_3$ față de pămînt

$$\underline{U}_3 = \underline{Z}_3\, \underline{I}_3 = \frac{\underline{A}_3}{\underline{C} + \underline{D}\,\underline{Y}_{30}} = \frac{\frac{\underline{A}_3}{\underline{D}}}{\frac{\underline{C}}{\underline{D}} + \underline{Y}_{30}}$$

— puterii consumate de sarcină :

$$\underline{S}_3 = \underline{Z}_3\, \underline{I}_3^2 = \underline{Y}_{30}^* \frac{\underline{A}_3^2}{(\underline{C} + \underline{D}\,\underline{Y}_{30})^2} \qquad (9)$$

— puterii debitate de generatorul echivalent : de tensiune :

$$\underline{S}_{GT} = \underline{U}_{30}\, \underline{I}_3^* = \frac{\underline{A}_3}{\underline{C}} \cdot \underline{A}_3^* \frac{\underline{Y}_{30}^*}{(\underline{C} + \underline{D}\,\underline{Y}_{30})^*} \qquad (10)$$

$$= \frac{\underline{A}_3^2}{\underline{C}} \cdot \frac{\underline{Y}_{30}^*}{(\underline{C} + \underline{D}\,\underline{Y}_{30})^*}$$

de curent :

$$\underline{S}_{GC} = \underline{U}_3\, \underline{I}_{scc_3}^* = \frac{\underline{A}_3}{\underline{C} + \underline{D}\,\underline{Y}_{30}} \cdot \frac{\underline{A}_3^*}{\underline{D}^*} \qquad (11)$$

$$\underline{S}_{GC} = \frac{\underline{A}_3^2}{\underline{D}^* (\underline{C} + \underline{D}\,\underline{Y}_{30})}$$

Se constată că, așa cum și-a propus, această echivalare conduce la aceiași curenți prin impedanța de sarcină ($\underline{Z}_3$), aceleași tensiuni la bornele ei și aceleași puteri schimbate prin latura de sarcină (Z_3) în ambele scheme echivalente (generator de tensiune și curent). Schemele echivalente diferă însă în ceea ce privește puterea schimbată cu sursa și, evident, pierderile în impedanța (admitanța) echivalentă.

Totodată, dacă $\underline{I}_3$, $\underline{U}_3$, $\underline{S}_3$, concordă cu valorile reale din rețea, $\underline{S}$ este diferit de cel real debitat de surse. Evident și pierderile de putere în rețea diferă. *Schemele echivalente nu sînt deci conservative în ceea ce privește bilanțul puterilor.*

În cele ce urmează se va arăta că există posibilitatea determinării puterii real produse de generatoarele sistemului, pentru diferite valori ale sarcinii unui nod, folosind schema generatorului echivalent de tensiune.

În exemplul analizat, puterea produsă de generatoarele sistemului pentru o anumită sarcină ($\underline{Y}_{30}$) a nodului (3) este :

$$\underline{S}\,(Y_{30}) = \underline{E}_1\, \underline{Y}_{10}^* (\underline{E}_1 - \underline{U}_1)^* + \underline{E}_2\, \underline{Y}_{20}^* (\underline{E}_2 - \underline{U}_2)^*$$

La o variație a sarcinii (de la $\underline{Y}_{30}^{(1)}$ la $\underline{Y}_{30}^{(2)}$), variația puterii generate în rețeaua inițială va fi :

$$\Delta \underline{S} = S\,(Y_{30}^{(1)}) - S(Y_{30}^{(2)}) = \underline{E}_1\, \underline{Y}_{10}^* [\underline{U}_1^{(2)} - \\ - \underline{U}_1^{(1)}]^* + \underline{E}_2\, \underline{Y}_{20}\, [U_2^{(2)} - U_2^{(1)}]^*$$

și cu relațiile (7)

$$\Delta \underline{S} = \underline{E}_1\, \underline{Y}_{10}^* \left[\frac{(\underline{Y}_{30}^{(1)} - \underline{Y}_{30}^{(2)})(\underline{A}_1 \underline{D} - \underline{B}_1 \underline{C})}{(\underline{C} + \underline{Y}_{30}^{(1)} \underline{D})(\underline{C} + \underline{Y}_{30}^{(2)} \underline{D})} \right]^* +$$

$$+ \underline{E}_2\, \underline{Y}_{20}^* \left[\frac{(\underline{Y}_{30}^{(1)} - \underline{Y}_{30}^{(2)})(\underline{A}_2 \underline{D} - \underline{B}_2 C)}{(\underline{C} + \underline{Y}_{30}^{(1)} \underline{D})(\underline{C} + \underline{Y}_{30}^{(2)} \underline{D})} \right]^*$$

$$\Delta \underline{S} = [\underline{E}_1\, \underline{Y}_{10}^* (A_1\, \underline{D} - \underline{B}_1\, \underline{C})^* + \\ + \underline{E}_2\, \underline{Y}_{20}^* (\underline{A}_2 \underline{D} - \underline{B}_2 \underline{C})^*] \cdot \\ \cdot \left[\frac{\underline{Y}_{30}^{(1)} - \underline{Y}_{30}^{(2)}}{(\underline{C} + \underline{Y}_{30}^{(1)} \underline{D})(\underline{C} + \underline{Y}_{30}^{(2)} \underline{D})} \right]^* \qquad (12)$$

Variația puterii produsă de generatorul echivalent de tensiune la variația impedanței de sarcină $\underline{Y}_{30}$ va fi :

$$\Delta \underline{S}_{GT} = \underline{S}_{GT}\,(\underline{Y}_{30}^{(1)}) - \underline{S}_{GT}\,(\underline{Y}_{30}^{(2)}) = \\ = \frac{\underline{A}_3^2}{\underline{C}} \left[\frac{\underline{Y}_{30}^{(1)}}{\underline{C} + \underline{D}\, \underline{Y}_{30}^{(1)}} - \frac{\underline{Y}_{30}^{(2)}}{\underline{C} + \underline{D}\, \underline{Y}_{30}^{(2)}} \right]^* = \\ = \frac{\underline{A}_3^2}{\underline{C}} \cdot \underline{C}^* \left[\frac{\underline{Y}_{30}^{(1)} - \underline{Y}_{30}^{(2)}}{(\underline{C} + \underline{D}\, \underline{Y}_{30}^{(1)}) \cdot (\underline{C} + \underline{D}\, \underline{Y}_{30}^{(2)})} \right]^* \qquad (13)$$

Pentru generatorul echivalent de curent :

$$\Delta \underline{S}_{GC} = \underline{S}_{GC}\,(\underline{Y}_{30}^{(1)}) - \underline{S}_{GC}\,(\underline{Y}_{30}^{(2)}) = \\ = \frac{\underline{A}_3^2}{\underline{D}^*} \left[\frac{1}{\underline{C} + \underline{D}\, Y_{30}^{(1)}} - \frac{1}{\underline{C} + \underline{D}\, Y_{30}^{(2)}} \right] = \frac{\underline{A}_3^2}{\underline{D}^*} . \\ : \underline{D} \frac{\underline{Y}_{30}^{(2)} - \underline{Y}_{30}^{(1)}}{[\underline{C} + \underline{D}\, \underline{Y}_{30}^{(1)}]\ [\underline{C} + \underline{D}\, Y_{30}^{(2)}]} \qquad (14)$$

Din compararea relațiilor (12) și (13) se constată că :

$$\underline{k}_T = \frac{\Delta \underline{S}}{\Delta \underline{S}_{GT}} [\underline{E}_1 \underline{Y}_{10}^* (\underline{A}_1 \underline{D} - \underline{B}_1 \underline{C})^* +$$

$$+ \underline{E}_2 \underline{Y}_{20}^* (\underline{A}_2 \underline{D} - B_2 C)^*] \frac{C}{C^*} \cdot \frac{1}{A_3^2} \qquad (15)$$

este o mărime independentă de valoarea impedanței de sarcină ($\underline{Y}_{30}$) și poate fi considerată ca un invariant al echivalării.

Ea este determinată de structura rețelei (în care sarcinile sînt incluse ca impedanțe) și de valoarea tensiunilor electromotoare (în modul și argument) considerate ca regim de bază.

$$\underline{k}_c = \frac{\Delta \underline{S}}{\Delta \underline{S}_{GC}} = [\underline{E}_1 \underline{Y}_{10}^* (\underline{A}_1 \underline{D} - \underline{B}_1 \underline{C})^* +$$

$$+ \underline{E}_2 \underline{Y}_{20} (\underline{A}_2 \underline{D} -$$

$$- \underline{B}_2 \underline{C})^*] \frac{\underline{D}^*}{\underline{D}} A_3^2 \cdot \frac{[\underline{Y}_{30}^{(1)} - \underline{Y}_{30}^{(2)}]^*}{[\underline{Y}_{30}^{(2)} - \underline{Y}_{30}^{(1)}]} \cdot$$

$$\cdot \frac{[C + D\, Y_{30}^{(1)}]\,[C + D\, Y_{30}^{(2)}]}{[(\underline{C} + \underline{D}\, \underline{Y}_{30}^{(1)}) \cdot (\underline{C} + D\, \underline{Y}_{30}^{(2)}]^*} \qquad (16)$$

este o mărime dependentă de valoarea impedanței de sarcină.

Ea devine independentă de impedanța $\underline{Y}_{30}$ în rețelele constituite numai din rezistențe sau numai din reactanțe :

$$\underline{k}_c' = [E_1 Y_{10}^* (A_1 D - B_1 C)^* +$$

$$+ \underline{E}_2 Y_{20}^* (\underline{A}_2 \underline{D} - \underline{B}_2 \underline{C})^*] \frac{\underline{D}^*}{\underline{D}} A_3^2 \qquad (17)$$

Concluzii

1. Generatorul echivalent de tensiune permite determinarea producției totale a generatoarelor unui sistem energetic, respectiv variația pierderilor în rețeaua reală a unui sistem energetic, în cazul variației sarcinii dintr-un nod al rețelei [folosind relația (15)]. Evident, această determinare se face în aceleași condiții ca și întocmirea generatorului echivalent de tensiune : rețea liniarizată în care, în timpul variației sarcinii într-un nod, tensiunile electromotoare E și toate celelalte admitanțe ale sistemului rămîn neschimbate.

2. Generatorul echivalent de curent nu permite determinarea directă a producției totale a generatoarelor unui sistem pentru variația sarcinii dintr-un nod al rețelei, decît în cazul rețelelor constituite numai din rezistențe sau numai din reactanțe [folosind relația (17)].

3. Se observă că cele de mai sus pot constitui o justificare teoretică a utilizării generatorului echivalent de tensiune obținut în forma sa generalizată prin metoda nodală DIMO, la studiul optimizării regimurilor într-un sistem energetic.

Bibliografie

[1] Antoniu, I. S. *Chestiuni speciale de electrotehnică.* Ed. Academiei R. P. R., 1956.

[2] Clarke, E. *Circuit analysis of A-C power systems.* New-York, 1957.

[3] Dimo, P. *L'analyse nodale des réseaux d'énergie.* RGE (Paris) nr. 12, 1962.

[4] Shipley R. B., Sato, N., Coleman, D. W. și Natts, C. F. *Direct calculation of power system stability using the impedance matrix.* IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, iulie 1966, p. 777—782.

(Articol intrat în redacție la 19 septembrie 1967)

Măsura potențialului energetic eolian

Conf. ing. I. Solomon

Într-o notă a redacției în legătură cu un articol apărut în nr. 1/1965 al revistei „Energetica” [1] s-au solicitat studii și date relative la potențialul energetic eolian al țării. Dînd urmare acestei sugestii, ne înscriem cu studiul de față, prin care se arată că metodologia de măsurare și de calcul a acestui potențial pentru un loc sau o regiune dată, astfel cum se obișnuiește în prezent, este eronată. Ea duce la o masivă subestimare a potențialului energetic eolian, prejudiciind mult prin aceasta folosirea energiei eoliene.

Abordăm această problemă avînd cu deosebire în vedere pe aceea concretă a irigațiilor. Într-adevăr, dat fiind că sursele mari de apă — ca Dunărea, rîurile și lacurile mai mari — pot alimenta cu un transport economic al apei numai regiunile agricole limitrofe, s-a accentuat și mai de mult, dar cu deosebire în ultima vreme [2], asupra necesității de a se folosi pentru irigații și sursele locale de apă, care se găsesc aproape peste tot. Pentru folosirea surselor locale de apă s-ar potrivi cel mai bine și sursele locale de energie. Dintre acestea, evident cea mai locală și totodată deosebit de avantajoasă pentru irigații — și pentru complementarul lor, desecările — este energia eoliană, mult folosită în aceste scopuri într-un mare număr de țări.

Legătura dintre această problemă — iar întrun sens mai general și aceea a altor posibile utilizări ale energiei eoliene — și metodologia măsurării și calculării potențialului energetic respectiv va rezulta din cele ce urmează.

Se cunoaște că, în ceea ce privește volumul ei, energia vînturilor — formă indirectă a energiei solare — depășește pe aceea a tuturor celorlalte energii aflate pe pămînt, ea fiind totodată gratuită și inepuizabilă. În pofida acestor proprietăți de primă importanță față de foamea de energie actuală și mai cu seamă viitoare a lumii, energia vîntului — care are și dificultățile sale, nu neglijabile, dar care, cel puțin pentru anumite aplicații, ar putea fi destul de bine stăpînite — este utilizată într-o proporție cu totul neînsemnată.

O cauză dintre cele mai importante a acestei situații constă, după părerea noastră, în faptul că potențialul energetic al vîntului nu este în prezent corect măsurat și determinat. Afirmînd aceasta, nu ne gîndim numai la faptul, de mult și de mulți autori semnalat, că „măsurătorile fiind făcute în general în scopuri exclusiv meteorologice, lipsesc elementele fundamentale necesare calculului energiei disponibile“ [3]. Nici la faptul, ușor remediabil, că aparatura anemometrică este adesea defectuos amplasată, în teren nu destul de liber sau la înălțimi insuficiente, care provoacă însemnate erori, toate în minus, în evaluarea energiei disponibile.

Mai dăunătoare determinării exacte a potențialului eolian al diferitelor locuri și regiuni este mai întîi discontinuitatea, care caracterizează în general măsurătorile privitoare la vînt. Aceste măsurători se fac, într-adevăr, în marea majoritate a stațiunilor meteorologice din toată lumea numai prin scurte sondaje la cîteva anumite ore ale zilei, de obicei de 3 sau 4 ori pe zi, foarte rar mai mult.

Acest lucru este cu atît mai puțin explicabil și scuzabil, cu cît metereologii măsoară deja de mai mult de o sută de ani temperatura și presiunea atmosferică cu instrumente cu înregistrare continuă, pe care ei le-au creat și dezvoltat de multă vreme, aceasta deși atît temperatura cît și presiunea atmosferică prezintă fluctuații lente și de mică amplitudine, care s-ar acomoda destul de bine — mult mai bine decît vîntul — cu măsurători sporadice. Numai într-un număr foarte redus de stațiuni metereorologice, de clasă superioară, măsurarea intensității vîntului se face cu instrumente înregistratoare cu funcționare continuă. Pentru folosirea acestor înregistrări în scopuri energetice sînt însă necesare calcule laborioase sau operații de planimetrare care, date fiind neîncetatele și largile fluctuații ale vîntului, nu ar fi nici prea simple, nici prea exacte.

Pornind de la astfel de considerații, s-a preconizat mai de mult măsurarea regimului eolian cu contoare, similare de exemplu contoarelor electrice. Primul care a făcut astfel de propuneri este Pierre Ailleret, fost președinte al Societății Electricienilor Francezi. Și anume nu numai folosirea unor aparate de comptaj continuu, ci încă, dat fiind că puterea motoarelor eoliene este proporțională cu puterea a 3-a a vitezei vîntului, a mai propus ca aceste contoare să măsoare și să integreze direct cubul acestor viteze [4]. Ca urmare a acestor sugestii, o firmă franceză, în colaborare cu Electricité de France, a realizat și fabricat contoare anemometrice care, prin indexul lor, dau în kWh energia teoretic disponibilă la locul și pe durata măsurătorii pe metru pătrat de suprafață expusă vîntului (suprafața măturată de o roată eoliană ideală) [4], [5].

În practica curentă, pentru evaluarea posibilităților energetice ale unui loc dat nu se pleacă însă de la această mărime, ci de la valoarea medie anuală a vitezei vîntului în acel loc, pe care centrele metereologice o determină şi o difuzează prin publicaţiile lor. Însă — şi acesta este punctul fundamental, principial eronat, al acestei practici — media vitezelor vîntului, calculată, publicată şi folosită în prezent pentru calculul în discuţie, este media simplă, aritmetică, a acestor viteze. Lucru care, cum se arată mai jos, duce la rezultate inexacte şi, din păcate, sistematic şi mult în minus faţă de potenţialul energetic real al locului considerat. În acest fel se aduce un grav prejudiciu utilizării energiei eoliene, ale cărei posibilităţi rezultă mult subestimate.

Fie P puterea unui motor eolian de diametru D, presupus sub un vînt de viteză v. Mărimea acestei puteri este dată, cum se cunoaşte, prin relaţia :

$$P = k\,D^2\,v^3 \text{ [kW]}. \tag{1}$$

În decursul unui an acţionează vînturi de intensităţi diferite, v_i, fiecare pe o durată cumulată de h_i ore. Energia totală ce ar putea fi obţinută într-un an la locul considerat este aşadar :

$$W = kD^2(v_1^3h_1 + v_2^3h_2 + v_3^3h_3 + \ldots + v_n^3h_n) \text{ [kWh]}. \tag{2}$$

Suma din paranteză se poate exprima în mod identic prin produsul $\overline{v^3} \times \sum_1^n h_i$, în care :

$$\overline{v^3} = \frac{\sum_1^n v_i^3 h_i}{\sum_1^n h_i} \tag{3}$$

este media ponderată a cubului vitezelor vîntului. În cazul evaluării potenţialului energetic anual, factorul $\sum_1^n h_i$ este cifra de 8760 a orelor din cursul unui an. Dacă se ia rădăcina cubică din (3), se obţine, prin definiţie, media cubică ponderată a vitezelor vîntului în intervalul unui an. Notînd-o pe aceasta cu $\overline{v}^{(3)}$ (media ponderată de ordinul 3), valoarea energiei care ar putea fi produsă la locul considerat de un motor dat rezultă exprimată prin relaţia :

$$W = kD^2\,[\overline{v}^{(3)}]^3 \cdot 8760 \text{ [kWh]}. \tag{4}$$

În practica curentă folosindu-se pentru evaluarea prealabilă a energiei, aşa cum s-a observat mai înainte, media anuală simplă $\overline{v}^{(1)}$ (media ponderată de ordinul 1) a vitezelor vîntului, se obţine pentru energie valoarea :

$$W' = kD^2\,[\overline{v}^{(1)}]^3 \cdot 8760 \text{ [kWh]}. \tag{5}$$

Întrebarea care se pune acum este dacă există vreo deosebire între valorile W şi W' ale energiei, astfel cum au fost exprimate, pentru aceeaşi situaţie, prin relaţiile (4) şi (5). Or, este un fapt de algebră simplu şi bine cunoscut că media de ordinul p a n cantităţi v_i diferite, adică

$$\sqrt[p]{\frac{v_1^p + v_2^p + \ldots + v_n^p}{n}},$$

este mai mare decît media simplă a acestor cantităţi şi chiar a oricărei alte medii de un ordin $q<p$. Această inegalitate persistă şi în cazul mediilor ponderate [6].

Particularizînd pentru cazul problemei noastre, aceasta înseamnă că avem totdeauna

$$\sqrt[3]{\frac{v_1^3h_1 + v_2^3h_2 + \ldots + v_n^3h_n}{\Sigma h}} > \frac{v_1h_1 + \ldots + v_nh_n}{\Sigma h}, \tag{6}$$

sau, prescurtat, $\overline{v}^{(3)} > \overline{v}^{(1)}$, de unde şi $W > W'$.

Astfel rezultă ca un adevăr matematic că potenţialul energetic eolian al unei aşezări date, astfel cum a fost şi este pînă în prezent evaluat pe baza mediei simple a vitezelor vîntului — acea medie care este în mod exclusiv furnizată de către centrele meteorologice — este inferior valorii reale a acestui potenţial, dată numai de expresia (4), care nu este altceva decît suma fundamentală (2) în notaţie prescurtată.

Cît de mare este eroarea produsă, respectiv cît de mare ar putea fi într-un caz concret evaluarea în minus găsită prin folosirea inadecvată în calcul a mediei simple, în loc de cea cubică, depinde de distribuţia anuală a vitezelor vîntului, adică de coeficienţii $h_1, h_2, \ldots, h_n$, care exprimă ponderea anuală a fiecăreia din aceste viteze, pondere ce variază desigur de la un loc la altul şi, într-o oarecare măsură, de la un an la altul.

Ordinul de mărime al erorii în chestiune poate fi evaluat cu ajutorul tabelelor de frecvenţă anuală a vînturilor întocmite în unele ţări pe bază de statistici meteorologice. Astfel de tabele nefiind întocmite pentru ţara noastră, ne vom folosi de acelea ale lui P. M. Pomorţev, utilizate în Uniunea Sovietică [7]. Am ales aceste tabele, pe de o parte, pentru că ele ar fi mai apropiate de condiţiile meteorologice de la noi (la est de lanţul carpatic) ; pe de altă parte, şi pentru motivul că ele duc la diferenţe mai moderate, deci mai sigure decît tabelele mai noi, calculate după meteorologul german Hermann Hullen [7], [8].

Pe această bază am făcut calculul comparativ pentru domeniul vitezelor medii anuale simple de la 3 la 6 m/s, singurele care se întîlnesc și ar putea prezenta la noi interes pentru energetică. Rezultatele obținute sînt indicate în tabela 1. În anexă este dat, cu titlu de exemplu, calculul detaliat pentru cazul vitezei medii nominale (simple) de 3 m/s.

Tabela 1

$\bar{v}^{(1)}$ media simplă nominală, m/s	Intervalul vitezelor efective, m/s	$\bar{v}^{(1)}$ media simplă efectivă, m/s	$\bar{v}^{(3)}$ media cubică, m/s	În plus pentru media cubică, %	În plus pentru energie, %
3	0...8	3,14	3,90	24,0	90,7
4	0...11	4,15	5,07	22,0	82,0
5	0...13	5,13	6,11	19,0	68,5
6	0...14	6,15	7,05	14,5	50,0

Se constată, din tabelul comparativ de mai sus, că în domeniul considerat media cubică a vitezelor vîntului este cu 14–22% mai mare ca media aritmetică, ceea ce nu pare dintru început prea important. Avînd însă în vedere că în calculul puterii și energiei viteza vîntului intră la puterea a 3-a, diferențele în chestiune se ridică și ele la această putere. Astfel, așa cum este arătat în coloana ultimă a tabloului, calculul just, pe baza mediei cubice, dă pentru perspectivele de producție ale unui vad eolian cifre cu 50 pînă la 90% mai mari decît după calculul obișnuit, pe baza mediei simple. Însă plusuri de producție de 50 pînă la 90% (după tabelele Hullen [7], [8] rezultă de la 65 la 130%) pot fi în multe cazuri decisive pentru rentabilitatea și utilitatea practică a unei instalații. Ne putem așadar imagina cîte vaduri eoliene, în realitate avantajoase, au rămas în mod neîntemeiat neutilizate din cauza folosirii unui sistem de măsurători și de calcul inadecvat.

Este interesant de remarcat, după tabela 1, că plusurile cele mai importante ale valorilor reale mergînd pînă aproape de dublul energiei față de aceea care rezultă prin calculul de pînă acum, se constată în cazul locurilor cu vînturi slabe. Acest lucru arată că tocmai în aceste locuri, unde posibilitățile de utilizare a energiei eoliene par de la început mai reduse, calculul exact, făcut pe baza mediei cubice, arată că se pot obține și aici producții interesante.

În concluzie, pentru a se ajunge la o evaluare reală a potențialului energetic eolian al țării, și de aici la utilizarea acestui potențial, rezultă necesitatea în primul rînd a măsurării *continue* a intensității vîntului și, în al doilea rînd, a măsurării *mediei cubice* a acestei intensități. Aceste condiții pot fi cel mai bine satisfăcute prin *contoare*.

S-a amintit mai înainte că sînt deja fabricate, și utilizate contoare eoliene în Franța și în alte țări. În publicațiile respective, superioritatea măsurării mediei cubice apare însă numai în mod calitativ relevată, iar acele contoare nu furnizează media vitezelor vîntului, ci producția teoretică în kWh pentru un motor unitar ideal, cifră de la care se ajunge ceva mai greu la productivitatea unei instalații concrete.

Noi am căutat să rezolvăm pe altă bază această problemă, propunînd un contor care să furnizeze de-a dreptul media cubică (într-o ușoară variantă constructivă, și media simplă, așa cum cer necesitățile meteorologiei), totodată, într-o construcție mai simplă, mai exactă și mai puțin costisitoare decît construcțiile cunoscute. Descrierea și teoria acestui contor — derivat din contorul electric de inducție și ca atare ușor de produs la noi în țară — a fost dată într-un raport prezentat la Consfătuirea pentru electrificarea agricolă și rurală în R. P. R. din 1958 [9]. O expunere și o construcție îmbunătățită a acestui contor a fost dată recent într-un articol publicat în Revue Générale de l'Electricité [10].

Deoarece cifre mai sigure pentru evaluarea potențialului eolian într-un loc sau o regiune dată pot fi obținute numai după măsurători continuate timp de mai mulți ani, pînă la o mai mare răspîndire a întrebuințării contoarelor, trebuie să se folosească înregistrările de lungă durată existente la centrele meteorologice. Cu toate insuficiențele lor din punctul de vedere al energeticienilor, aceste înregistrări constituie totuși un capital statistic bogat, care trebuie și poate fi folosit. Ar fi numai necesar ca, pentru localitatea sau regiunea anume investigată, să se revină, pentru o perioadă de cîțiva ani anteriori, la înregistrările zilnice inițiale, din care să se calculeze media cubică a vitezelor vîntului în această perioadă.

Cu mijloacele actuale mecanizate de calcul, o astfel de recalculare nu ar constitui o problemă prea dificilă. S-ar cîștiga însă pe această cale, adică pentru început chiar fără contoare, un corp de informații mai adecvat energeticii și prin aceasta capabil să promoveze utilizarea mai largă a acestei surse atît de bogate, gratuite și inepuizabile de energie, care este vîntul. În primul rînd, și pentru a reveni la punctul de la care am plecat, pentru irigații din sursele de apă locale, precum și pentru desecări acolo unde rețelele electrice sînt prea depărtate pentru ca energia lor să poată fi adusă și folosită în mod economic, iar micile instalații de pompare cu motoare termice s-au dovedit precare și oneroase în exploatare [11].

Anexă

Calculul comparativ al mediilor anuale simple și cubice ale vitezelor vîntului pentru media nominală simplă de 3 m/s, pe baza tabelelor de frecvență ale lui Pomorțev.

v efectivă, m/s	Frecvența anuală, h, ore	Produsele vh	Cubul vitezelor, v^3	Produsele v^3h
0	500	0	0	0
1	1 030	1 030	1	1 030
2	1 700	3 400	8	13 730
3	1 990	5 970	27	53 730
4	1 710	6 840	64	109 400
5	1 050	5 250	125	131 250
6	525	3 150	216	113 500
7	193	1 351	343	66 290
8	62	496	512	31 640
Total	8 760	27 487		520 440

Media simplă: $\frac{27\,487}{8\,760} = 3{,}14$ m/s.

Media cubică; $\sqrt[3]{\frac{520\,440}{8\,760}} = 3{,}9$ m/s.

În plus pentru media cubică:

$3{,}9/3{,}14 = 1{,}24$, respectiv $+\,24{,}0\%$.

În plus pentru energie:

$3{,}9^3/3{,}14^3 = 1{,}907$, respectiv $+\,90{,}7\%$.

Bibliografie

[1] Lăzărescu, E. *Caracteristica energetică a regimului eolian din Moldova.* Energetica nr. 1, 1965, p. 29.

[2] Scînteia din 5 martie 1967.

[3] Lacroix, G. *L'énergie du vent.* La Technique Moderne nr. 718, 1949, p. 109.

[4] Ailleret, P. *L'énergie éolienne: sa valeur et la prospection des sites.* Revue Générale de l'Electricité, nr. 3, 1946.

[5] *** Compagnie pour la fabrication des compteurs, Montrouge/Seine. Notice nr. 4. 404, juillet 1956. Mesure de l'énergie éolienne.

[6] Mihoc, Gh. *Elemente de calculul probabilităților.* Soc. de științe matematice și fizice, București 1954, p. 67–69.

[7] Fateev, E. M. *Vetrodvigatelii vetroustanovki.* Selshozghiz. Moscova 1948, p. 327.

[8] Hullen, H. *Die wirtschaftliche Ausnutzung der Windenergie.* Zeitschrift des V.D.I., 1925, p. 112.

[9] Solomon, I. *Contoare anemometrice pentru determinarea potențialului eolian.* I.D.T., București, 1958.

[10] Solomon, I. *Compteur anémométrique fournissant la moyenne cubique de la vitesse du vent.* Revue Générale de l'Électricité 76 (1967), nr. 3, p. 370.

[11] Moraru, Gh. și Sandru, V. *Unele probleme ale electrificării satelor.* Lupta de clasă, București, nr. 11, 1957, p. 75.

(Articol intrat in redacție la 1 aprilie 1967)

Aspecte privind tratarea chimică a cazanelor de abur în R.D.G.

Ing. L. Fendrihan*

În Republica Democrată Germană tratarea chimică a cazanelor de abur se aplică doar celor nou montate, de către o unitate specializată (Bereich für Kessel Reinigung) din cadrul întreprinderii constructoare de cazane. Această unitate se găsește în Halberstadt și are un efectiv de circa 80 de oameni ce execută curățirea mecanică și chimică a cazanelor. Echipele de spălare (Beizkollonne) se compun din 4–12 oameni conduși de un brigadier, după importanța obiectivului la care se lucrează.

Problema inhibitorilor a fost în centrul re ocupărilor chimiștilor din acest sector de activitate, astfel încît la ora actuală se dispune de o gamă variată de asemenea produse, cunoscute sub numele comercial Lithosolvent:

Lithosolvent EB —	pentru oțel la temperatura 60–100°C și acid clorhidric sau sulfuric de max. 5%
Lithosolvent H–EB —	idem, dar la temperaturi de 50–80°C;
Lithosolvent H–EN —	pentru oțel la temperaturi pînă la 50°C și pentru pompe la temperaturi pînă la 30°C;
Lithosolvent H–EN–S —	pentru fontă și aliaje de cupru la temperaturi pînă la 35°.

Spălarea acidă a cazanelor se face după mai multe metode, în funcție de debitul nominal de abur și de natura combustibilului folosit.

1. Metoda pulsatorie (Atmungsmethode)

Se aplică la cazane de abur cu un debit maxim de 64 t/h, indiferent de presiunea nominală. Spălarea se execută la temperatura normală, cu soluție de 5–6% acid clorhidric, inhibitată cu 0,3% urotropină sau cu lithosolvent H—EN. Tamburul și supraîncălzitorul de abur nu primesc soluția acidă, nefiind incluse în operația de spălare.

---

*) Liviu Fendrihan este inginer principal în cadrul serviciului chimic din D.G.P.T.E.E.

Pregătirea soluției se face într-un rezervor de circa 35 m³ și pentru umplerea cazanului se folosește o pompă antiacidă cu un debit de 12 m³/h.

Soluția acidă se menține în cazan timp de circa o oră, după care se golește în rezervor, operația repetîndu-se de cîteva ori. Întregul proces de spălare acidă durează 12—16 ore, după care se golește cazanul la canal, spălîndu-se bine cu apă pînă la dispariția reacției acide în apa de spălare. Se execută apoi o alcalinizare cu amoniac a conținutului cazanului și nu se mai iau alte măsuri de protecție, deoarece, de regulă, cazanul se pune în funcțiune imediat după spălare.

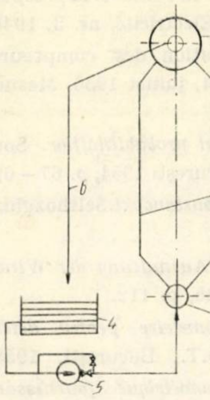


Fig. 1. Spălarea prin metoda pulsatorie :

1 — țevi de ecran ; *2* — tambur ; *3* — colector ; *4* — rezervor pentru soluția acidă ; *5* — pompă antiacidă de umplere ; *6* — conductă preaplin.

2. Spălarea prin recirculare (Umwälzungsmethode)

Se aplică cazanelor de abur pe cărbune, al căror debit nominal este mai mare de 80 t/h, sau cazanelor pe păcură, cu un debit mai mare de 26 t/h. Ea poate fi executată la rece, cu acid clorhidric 5%, la temperatura de 20°C, sau la cald, la temperatura de 70—80°C.

Prima fază o constituie degresarea, care se făcea înainte cu o soluție de 0,3—0,4% sodă caustică, acum înlocuită cu un detergent numit Siliron, în soluție de 0,1—0,2%. Operația durează 10 ore și se execută la temperatura de 80°C. După terminarea degresării, cazanul se spală cu apă coagulată (limpezită) și se golește complet la canal. Se reumple cazanul de apă limpezită și se ridică temperatura la 70—80°C, adăugîndu-se inhibitor și acid clorhidric ca la metoda descrisă anterior. Soluția astfel obținută se recirculă timp de 5—7 ore, în tot timpul recirculării determinîndu-se concentrația acidului la fiecare jumătate de oră, atît în conducta de tur cît și în cea de retur, după care cazanul se golește complet la canal, spălîndu-se urmele soluției acide cu apă decarbonatată (limpezită) și apoi cu apă dedurizată.

Spălarea se consideră terminată cînd, într-o probă de apă prelevată din circuit, prin adăugarea de hidroxid de sodiu, nu se mai obține un precipitat de hidroxid feric.

Cantitatea de fier îndepărtată prin această metodă este de maximum 12 g Fe/l soluție acidă.

După terminarea spălării acide, conținutul cazanului se alcalinizează cu amoniac, pînă la *p*H = 10—11, și apoi se adaugă circa 100 mg/l hidrat de hidrazină.

În cazul spălării acide la temperatura normală, armăturile originale ale cazanului nu se protejează. Atunci cînd spălarea se face la o temperatură ridicată, armăturile originale se protejează prin acoperirea cu lac vinoflex PC sau, mai recent, ele se demontează și în locul lor se folosesc armături de oțel de presiune medie.

Spălarea cu acid sulfuric a fost părăsită, fiind mai scumpă. Ea utiliza o soluție de 3—5% acid sulfuric inhibitată cu lithosolvent EB la o temperatură de 70—80°. Atacul armăturii originale a cazanului era neînsemnat în acest caz, nemaifiind necesară demontarea ei.

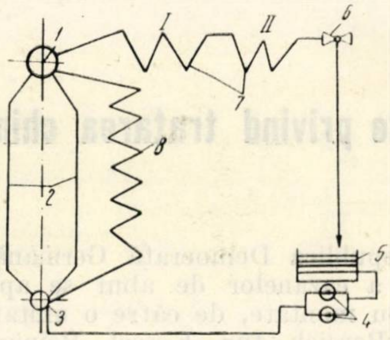


Fig. 2. Spălarea prin recirculare :

1 — tambur ; *2* — țevi de ecran ; *3* — colector ; *4* — pompe recirculare, Q = 360 t/h, H = 60 m col. H_2O ; *5* — rezervor, V = 10 m³ ; *6* — vană principală de abur viu ; *7* — supraîncălzitor Tr. I și Tr II ; *8* — economizor.

3. Spălarea acidă cu abur (Säuredampfmethode)

Se aplică cazanelor cu un debit mai mare de 80 t/h, fără o spălare și degresare prealabilă. Ea include în circuitul de spălare atît sistemul fierbător cît și supraîncălzitorul (fig. 3).

Încălzirea cazanului se face prin suflarea cu abur supraîncălzit de 30—40 kgf/cm² și de 300—350°C, timp de o oră, cu evacuarea în atmosferă. După această perioadă se laminează admisia aburului pînă la 5 kgf/cm² și se injectează cu o pompă dozatoare un amestec de acid clorhidric 35% și acid formic 85%, calcu lîndu-se 100–250 g soluție acidă pe m² suprafață de încălzire a cazanului.

Injecția durează 1–5 minute și se execută cu o pompă centrifugală etajată. După terminarea injecției acide se oprește aburul și se pornesc ventilatoarele, pentru răcirea cazanului.

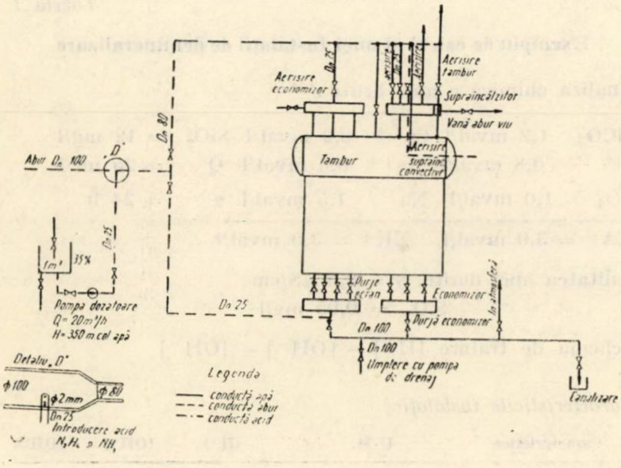

Aerisire economizor
Dn 25
Aerisire
Dn 25
Aerisire
Aerisire tambur
Supraîncălzitor
Vană abur viu
Dn 80
Abur Dn 100
„D"
Tambur
Aerisire supraînc. convectiv
Dn 25
1m³
35%
Pompa dozatoare
Q=20m³/h
H=350 m col apă
Purje ecran
Economizor
În atmosferă
Dn 25
Purjă economizor
Dn 100
Dn 100
Umplere cu pompa de drenaj
Canalizare
Detaliu „D"
ϕ100
ϕ2mm
ϕ80
Dn 25
Introducere acid N_2H_4 și NH_3
Legenda
conductă apă
conductă abur
conductă acid

Fig. 3. Spălarea acidă cu abur:
——— conductă apă; – – – – conductă abur; · – · – · conductă acid.

La temperatura de 100°C, cînd apare condensarea, se umple cazanul cu apă degazată, se golește la canal și se suflă apoi cu abur circa 1/2–1 oră.

Operația descrisă mai sus se repetă pînă la de trei ori. Controlul spălării se face determinînd conductivitatea, precum și conținutul de fier și silice la ieșirea din cazan.

După terminarea spălării acide se face pasivizarea, injectîndu-se în același mod amoniac și hidrazină timp de 5–10 minute.

În total tratarea chimică a unui cazan de 150 kgf/cm² și 350 t/h abur durează 20–25 ore.

La centrala Lübbenau, primul cazan spălat cu acid a fost cazanul nr. 7, de 350 t/h debit abur și 137 kgf/cm², urmînd apoi celelalte cazane.

Spălarea incluzînd în circuit și supraîncălzitorul de abur, a fost executată cu o soluție de acid clorhidric 5%, inhibitată cu 0,2% lithosolvent EB. Recircularea soluției s-a făcut cu o pompă centrifugală, antiacidă, de 350 t/h debit și 60 m col. H_2O presiune. Viteza în părțile nepurjabile ale supraîncălzitorului a fost de minimum 1 m/s, temperatura soluției acide fiind de 80°C. Spălarea acidă s-a făcut în paralel, și anume:

— intrarea în economizor spre tambur;

— purja colectoarelor inferioare ale ecranelor, sistem fierbător spre tambur, returul soluției acide făcîndu-se prin capacul vanei principale de abur supraîncălzit.

Cuplarea alternativă a diferitelor conture ale cazanului în circuitul de spălare s-a făcut la fiecare jumătate de oră. Volumul circuitului de spălare a fost de 160 m³, pentru care s-au folosit 12–14 tone acid clorhidric tehnic. Spălarea acidă s-a considerat terminată dacă concentrația soluției din retur nu a scăzut cu 0,5 g HCl/l timp de jumătate de oră. La sfîrșitul operației, soluția de spălare a mai conținut 2–2,5% acid clorhidric.

Clătirea cazanului după acidizare s-a făcut de sus în jos, cu apă dedurizată, alcalinizîndu-se apoi cu amoniac pînă la un *p*H de 7–7,5.

Pentru conservarea umedă a cazanului, acesta se umple cu apă demineralizată, în care se injectează amoniac pînă la obținerea unui *p*H de 10–11, după care se adaugă hidrazină, pînă cînd atinge concentrația de 100 mg/l.

În afară de procedeele expuse mai sus, s-au folosit în cazuri izolate curățiri chimice ale cazanului de abur cu citrat de amoniu sau cu complexon (centrala atomoelectrică). Aceste procedee, datorită costurilor foarte ridicate, nu au luat extindere.

O tratare chimică a cazanului de abur se consideră reușită dacă după două zile de la pornire conținutul de silice în aburul supraîncălzit nu este mai mare de 20 µg/l.

Din toate acestea se desprinde clar preocuparea deosebită ce există în R.D.G. pentru curățirea chimică a agregatelor termice înainte de punerea în funcțiune și pentru folosirea unor inhibitori adecvați fiecărui caz în parte.

(Articol intrat în redacție în ianuarie 1967)

Noi aspecte ale neutralizării apelor reziduale în instalațiile de demineralizare

Ing. **Lucian O. Filip** *)

Creșterea rapidă din ultimii ani a parametrilor unităților termoenergetice a dus la creșterea exigențelor privind calitatea apei de alimentare a cazanelor. Aceasta se traduce printr-un număr tot mai mare de instalații pentru demineralizarea apei de adaos și a condensatului în centralele termoelectrice.

O instalație de demineralizare a apei este constituită dintr-o succesiune de filtre încărcate cu diferite mase schimbătoare de ioni. În cursul procesului de demineralizare a apei, aceste mase își epuizează grupele active prin încărcare cu ionii de îndepărtat, prezenți în apă. Pentru regenerarea acestor grupări, se trece peste masa ionică epuizată o soluție acidă sau o soluție alcalină — după cum este vorba de un schimbător lucrînd în ciclu H sau OH. După regenerarea propriuzisă, urmează operația de spălare a excesului de reactiv din filtru. Spălarea se efectuează cu apă de calitatea apei ce intră în filtru în timpul funcționării și necesită volume importante.

Una dintre problemele dificile ale instalațiilor de demineralizare o constituie neutralizarea apelor agresive rezultate din procesul de regenerare a maselor schimbătoare de ioni. În cursul acestui proces se consumă importante volume de apă, care la ieșirea din filtre au un caracter agresiv. Este de reținut faptul că instalațiile de demineralizare totală, chiar cele dimensionate pentru un debit redus de apă livrată, evacuează volume apreciabile de apă reziduală cu caracter agresiv, ape care sînt colectate în bazinul de neutralizare.

În instalațiile de demineralizare totală se asigură posibilitatea echilibrării diferitelor etaje de filtrare. Aceasta se realizează printr-un ciclu egal de funcționare pentru toate filtrele unei linii de demineralizare. Instalațiile de demineralizare sînt astfel proiectate încît apele agresive rezultate de la regenerarea unei linii să conțină cantități echivalente de acid și alcalii. Aceste ape reziduale se colectează în bazine și, după neutralizarea lor reciprocă, apele neutre rezultate se evacuează la canalizarea industrială.

Pentru ilustrarea celor de mai sus se prezintă un exemplu în tabela 1. În exemplul prezentat în tabelă, excesele de reactivi rezultate de la regenerarea maselor cationice și anionice sînt echivalente, astfel că, prin colectarea scurgerilor agresive într-un bazin de dimensiuni potrivite volumului apelor evacuate, se poate ajunge la o apă cu un *p*H practic neutral.

Tabela 1

Exemplu de calcul al unei instalații de demineralizare

Analiza chimică a apei brute:

HCO_3^- 1,2 mval/l Ca^{++} 0,9 mval/l SiO_2 = 12 mg/l
Cl^- 0,8 mval/l Mg^{++} 0,6 mval/l Q = 25 m³/h
SO_4^{--} 1,0 mval/l Na^+ 1,5 mval/l τ = 24 h

$\Sigma A^- = 3{,}0$ mval/l $\Sigma K^+ = 3{,}0$ mval/l

Calitatea apei dorite, $\chi = 0{,}5\ \mu S/cm$
$SiO_2 = 0{,}05$ mg/l

Schema de tratare $[H^+] - [OH^-] - [OH^-]$

Caracteristicile instalației

Caracteristica	U.M.	(H^+)	(OH^-)	$[OH^-)$
Sarcina ionică	val/m³ apă	3,0	1,8	1,5
Debit (inclusiv apă de spălare)	m³/h	26,5	26,0	25,0
Capacitatea de schimb a masei	val/m³	1000	800	600
Volum masă ionică	m³	1,9	1,4	1,5
Diametrul filtrului	mm	1300	1100	1300
Nivel regenerare*)	kg/m³ masă	55 (100% HCl)	63 (100% NaOH	82 (100% NaOH)
Exces reactiv	kg	39,05	43,2	
	val	1080	1080	
Ape uzate agresive (total 60 m³)	m³	15,7	17,2	27,1

*) Filtrele anionice se regenerează in serie, în ordinea inversă funcționării.

Procedeele industriale de neutralizare se realizează în adevărate instalații. O astfel de instalație este constituită din bazine colectoare protejate anticorosiv pentru condițiile cele mai riguroase, considerînd că apele pot avea un *p*H variabil în întreaga gamă de la 1 la 14. De asemenea, instalația de neutralizare mai cuprinde în componența ei pompe antiacide pentru recirculare și evacuare, *p*H-metre, ventile cu acționare la distanță, lungi trasee cauciucate și canale protejate anticorosiv pentru conductele de evacuare în bazine. În figurile 1, 2 și 3 se prezintă schemele de principiu ale instalațiilor de neutralizare aferente stațiilor de demineralizare respective de la centralele electrice Luduș, Steaua Roșie-Fîntînele și Galați. Se menționează că primele două unități sînt în funcțiune, iar cea de-a treia este în curs de montaj.

Dificultățile care intervin la realizarea unei astfel de instalații sînt destul de mari. Datorită dimensiunilor lor, bazinele se construiesc din beton, în general sub cota terenului. Pentru a se putea executa o protecție anticorosivă de calitate (cu folii de cauciuc prevulcanizat, cu cărămizi sau gresie antiacidă), este necesar ca suprafața betonului să fie complet uscată, cu asigurarea posibilității de menținere a lipsei integrale a umidității pe toată durata exploatării. De asemenea trebuie realizate o serie de treceri etanșe prin pereții bazinelor, treceri care pun anumite probleme prin necesitatea unor racordări ale izolației anticorosive a bazinului la suprafața protejată sau nu a ștuțurilor înglobate (funcție de materialul ștuțului). Din motive care nu constituie obiectul articolului de față, la executarea instalațiilor de neutralizare au apărut, de fiecare dată, neajunsuri mari, care au dus chiar la întîrzieri de punere în funcțiune a întregii centrale, condiționat de rolul instalației de tratare a apei în funcționarea acesteia.

---

*) Lucian O. Filip este inginer proiectant șef la Institutul de studii și proiectări energetice.

Pentru a ilustra dimensiunile instalațiilor de neutralizare, se prezintă instalațiile din figurile 1, 2, și 3.

— La instalația de tratare chimică a apei de la CTE Luduș s-a proiectat o instalație de neutralizare constituită din :

— un bazin compartimentat avînd suprafața de 112 m² și radierul la cota —5,50 ;

— două cuve pentru piatră de var, avînd fiecare cîte 16 m² și radierul la cota —5,50 ;

— o sală a pompelor cu o suprafață de 32 m² și cu radierul la cota —6,50 ;

— un canal vizitabil pentru conducte, cu o lungime de peste 50 m, avînd pardoseala la cota —3,50.

— La instalațiile de tratare chimică a apei de la CTE Steaua Roșie-Fîntînele s-a proiectat o instalație de neutralizare constituită din :

— două bazine colectoare, avînd fiecare cîte 64 m² și radierul la cota —2,90 ;

— o sală a pompelor cu o suprafață de 34 m² și radierul la cota —3,50 ;

— canale vizitabile pentru conducte cu o lungime totală de peste 45 m.

— La instalațiile de tratare chimică a apei de la CET Galați s-a proiectat o instalație de neutralizare constituită din :

— un bazin compartimentat, cu o suprafață totală de 320 m² și avînd radierul la cota —4,30 ;

— două cuve pentru piatră de var avînd fiecare cîte 20 m² și radierul la cota —4,30 ;

— o sală a pompelor cu o suprafață de 75 m² și radierul la cota —5,30 ;

— canale vizitabile pentru conducte cu o lungime totală de circa 60 m.

Filtrele puternic bazice, destinate în principal reținerii silicei prezente în apă, și care sînt de regulă ultima treaptă de tratare, au consumuri mari de apă de spălare. În figura 4 se prezintă consumurile de apă de spălare pentru rășina puternic bazică tip I Kastel A 500, funcție de conductivitatea apei la ieșirea din filtru [1].

Conform figurii 4 rezultă că după 5—6 volume apă/volum masă ionică, efluentul are o conductivitate relativ redusă, care scade lent ; pentru reținerea acesteia sînt necesare în continuare cantități importante de apă de spălare.

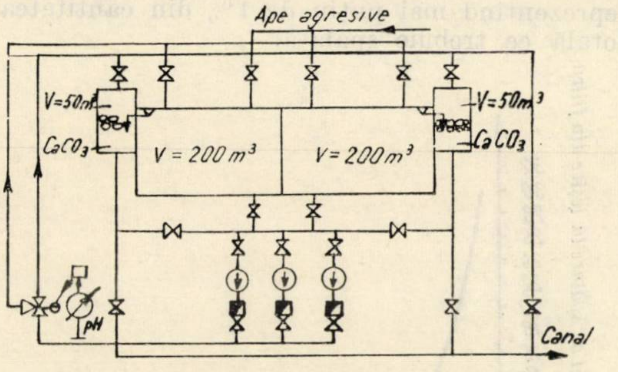


Fig. 1. Instalația pentru neutralizarea evacuărilor de ape agresive de la CTE Luduș.

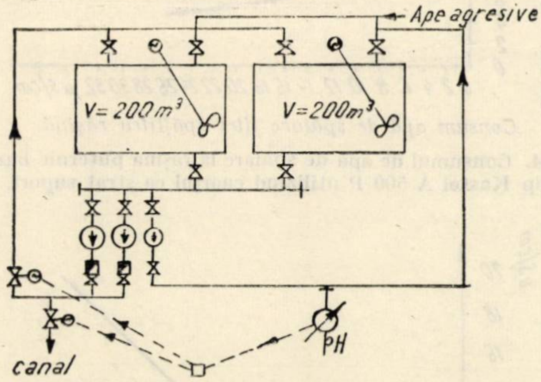


Fig. 2. Instalația pentru neutralizarea evacuărilor de ape agresive de la CTE Steaua Roșie-Fîntînele.

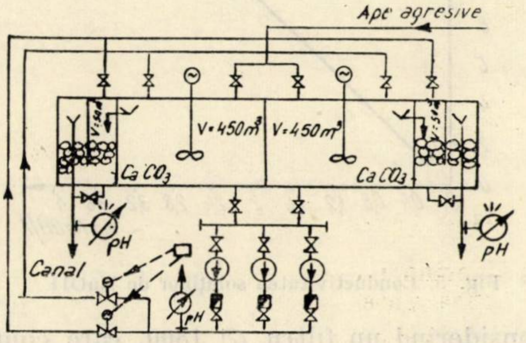


Fig. 3. Instalația pentru neutralizarea evacuărilor de ape agresive de la CET Galați.

Pentru spălarea filtrului puternic bazic se utilizează o apă care a parcurs întreg șirul de filtre anterioare și care conține numai silice și bioxid de carbon ; acestea sînt reținute în filtru în timpul spălării, astfel că la ieșire conțin doar urme de hidroxid de sodiu antrenat.

În figura 5 este dată conductivitatea soluțiilor de hidroxid de sodiu [2].

Din figurile 4 şi 5 rezultă că, după parcurgerea a 20—25% din volumul total de apă de spălare, se elimină cea mai mare parte a soluţiei bazice; mai sînt necesare circa 20 volume apă/volum masă ionică, pentru eliminarea unei cantităţi de hidroxid de sodiu reprezentînd mai puţin de 1% din cantitatea totală ce trebuie spălată.

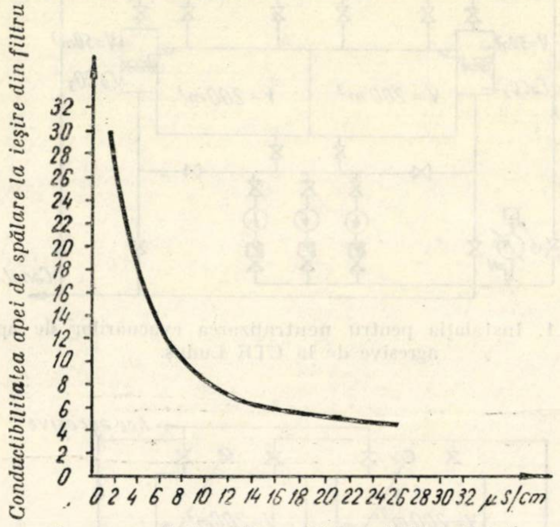


Fig. 4. Consumul de apă de spălare la răşina puternic bazică tip Kastel A 500 P utilizînd cuarţul ca strat suport.

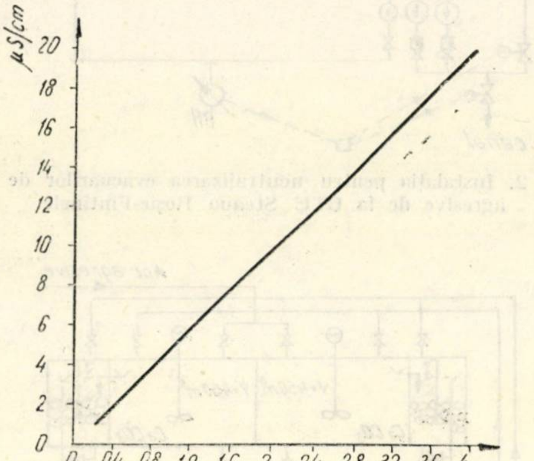


Fig. 5. Conductivitatea soluţiilor de NaOH.

Considerînd un filtru ∅ 1800, care conţine 3 m^3 masă puternic bazică şi cu un ciclu de funcţionare de 24 ore, rezultă 60 m^3 apă de spălare de calitatea apei demineralizate, conţinînd numai urme de hidroxid de sodiu, care îi conferă un *p*H de 9—10 şi care se evacuează în bazinul de neutralizare, ducînd la mărirea dimensiunilor acestuia. Pentru o apă cu salinitate medie, această pierdere reprezintă circa 7 000 lei lunar. Se menţionează că nu trebuie neglijată nici micşorarea corespunzătoare a debitului întregii instalaţii.

Este cunoscut faptul că răşinile schimbătoare de cationi de tip carboxilic (slab acide) reţin cationii bazelor libere. Deci plasarea unui filtru de acest tip într-o instalaţie de demineralizare permite recuperarea unei importante părţi a apelor de spălare ale filtrelor puternic bazice. Regenerarea acestui filtru se face rar şi cu excesul de reactiv rezultînd de la regenerarea filtrelor puternic acide, aflate în liniile de demineralizare.

Se menţionează că masa carboxilică se poate regenera cu soluţii diluate de acizi (fie sulfuric, fie clorhidric), randamentul de regenerare fiind foarte apropiat de 1.

Procedeul se dovedeşte deosebit de economic, instalarea unui filtru carboxilic ∅ 1400 într-o instalaţie de demineralizare avînd 2 + 1 linii a 50 m^3/h fiecare, presupune o investiţie de circa 250 000 lei, iar economia de reactiv este de 14 000 lei lunar, fără a mai considera sporul de disponibilitate a instalaţiei şi reducerea corespunzătoare a volumului bazinului de neutralizare.

Din cele expuse rezultă utilitatea instalării unor filtre carboxilice pentru recuperarea apelor de spălare ale filtrelor puternic bazice; acest procedeu este relativ recent, însă avantajele menţionate îi asigură o răspîndire tot mai largă. Pentru ilustrare se menţionează că instalaţiile de demineralizare totală proiectate de ISPE pentru centralele de la Rafinăria Teleajen ($Q = 400$ m^3/h), Galaţi ($Q = 300$ m^3/h), Palas ($Q = 200$ m^3/h), Combinatul de celuloză Călăraşi ($Q = 150$ m^3/h) au fost prevăzute cu astfel de filtre carboxilice.

*

Problema neutralizării apelor agresive, rezultate din instalaţiile de demineralizare a apei, ar putea fi rezolvată fără investiţii suplimentare, prin utilizarea filtrelor carboxilice. Acest lucru este posibil, bazat pe următoarele proprietăţi ale maselor schimbătoare de cationi slab acide:

— nu scindează sărurile neutre;

— reţin ionii Na^+ legaţi de ionii OH; deci introducerea unei soluţii de NaOH — chiar foarte diluată — în filtrul slab acid va conduce la un efluent care nu va mai prezenta caracter alcalin, ci va fi practic neutru;

— se regenerează cu soluţii foarte diluate de acizi (clorhidric sau sulfuric), randamentul fiind practic egal cu unitatea. Ca urmare, acidul pentru regenerare este integral consumat, efluentul fiind practic neutru. Încercările de laborator, efectuate prin trecerea integrală a apelor rezultate de la regenerarea unei linii de demineralizare printr-un filtru încărcat cu masă slab acidă, au condus la ape cu *p*H de 6,8—8,2, deci neagresive.

Pentru neutralizarea apelor agresive rezultate de la regenerarea maselor ionice, schema de utilizare a unui filtru carboxilic este prezentată în figura 6.

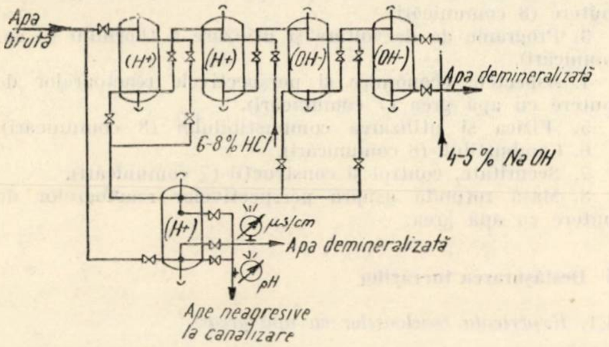


Fig. 6. Schema unei instalații de demineralizare cu filtru carboxilic pentru neutralizare.

Acest procedeu s-ar caracteriza prin următoarele elemente :

— utilizarea unor unități simple și compacte eliminînd instalațiile de neutralizare folosite în prezent ;

— reducerea cheltuielilor necesitate de protecția anticorosivă, ca și riscurile legate de execuțiile necorespunzătoare ;

— evitarea dificultăților legate de construcția unor bazine de neutralizare situate sub cota terenului ;

— controlul simplu al procesului ;

— economia de reactivi ;

— eliminarea elementelor de reglaj ;

— siguranța în exploatare.

Realizarea lui trebuie să țină seamă de o serie de factori, a căror importanță, în soluționarea optimă, se stabilește de la caz la caz.

Concluzii

1. Instalațiile actuale de neutralizare aferente instalațiilor de demineralizare comportă unități complexe, necesitînd volume importante de protecții anticorosive, lucrări de construcții-montaj și aparatură de măsură, control și reglaj automat.

2. Folosirea filtrelor carboxilice pentru recuperarea apelor de spălare ale filtrelor puternic bazice permite reducerea dimensiunilor bazinelor de neutralizare.

3. Utilizarea filtrelor carboxilice ar putea fi extinsă și pentru neutralizarea apelor agresive rezultate din procesul de regenerare a liniilor de demineralizare. Această soluție ar permite eliminarea instalațiilor complexe de neutralizare și trebuie să fie verificată sistematic.

Bibliografie

[1] *** Kastel A 500 — Prospect Montecatini, 1963.
[2] *** Steimmüller — Wasserchemisches Taschenbuch, 1961.

(Articol intrat în redacție în ianuarie 1967)

ENERGETICA peste hotare

Reactoare de putere cu apă grea

SIMPOZIONUL AIEA—VIENA, SEPTEMBRIE 1967

Ing. **N. Vasilescu** și ing. **A. Florescu** *)

1. Scopul și structura AIEA

Agenția Internațională pentru Energia Atomică (AIEA), înființată în 1957, este o organizație independentă a Națiunilor Unite, cuprinzînd 90 de state membre, între care și țara noastră. Ea are scopul de a contribui la dezvoltarea rapidă a utilizării energiei nucleare în slujba păcii, sănătății și prosperității în lume. AIEA facilitează lucrările de cercetare științifică în domeniul energiei nucleare și servește ca mijlocitor între țările membre în scopul asigurării cu echipament, materiale și instalații nucleare. În atribuțiile agenției intră, de asemenea, stabilirea normelor internaționale de protecție a sănătății și de tehnica securității și aplicarea acestor norme în toate lucrările și instalațiile la care participă.

Ca realizări mai importante ale AIEA, pînă în prezent, pot fi citate : sprijinirea introducerii energiei nucleare în țările în curs de dezvoltare, punînd accent pe asistența tehnică pentru utilizarea energiei nucleare la rezolvarea problemelor specifice țării respective, conducerea unor lucrări pentru studierea posibilităților de folosire a energiei nucleare la desalinarea apei, introducerea unui sistem de garanții și control pentru materialele fisionabile destinate scopurilor pașnice, urmărirea programului general de formare a cadrelor, coordonarea aspectelor științifice ale celei de-a 3-a Conferințe pentru utilizarea energiei atomice în scopuri pașnice (Geneva 1964), organizarea unei serii de conferințe internaționale de specialitate, inițierea unui program de publicații etc.

AIEA face parte din sistemul organizațiilor Națiunilor Unite și este, ca toate agențiile specializate, legată de Națiunile Unite printr-un acord de colaborare, dar păstrîndu-și independența în stabilirea programului de lucru și financiar. Spre deosebire de alte agenții specializate, AIEA supune raportul său anual direct Adunării Generale a Națiunilor Unite.

---

*) N. Vasilescu este inginer șef la Institutul de studii și proiectări energetice ; A. Florescu este inginer proiectant șef la același institut.

Organele administrative şi executive ale AIEA sînt :

— Conferinţa generală, compusă din reprezentanţi ai tuturor statelor membre, care se întruneşte o dată pe an ;

— Consiliul guvernatorilor, compus din reprezentanţi ai 25 de state membre, care se întruneşte de cîteva ori pe an ;

— Secretariatul din Viena, compus din 600 persoane, condus de un director general. În afară de directorul general, în conducerea secretariatului din Viena mai fac parte patru directori generali împuterniciţi (delegaţi) şi un inspector general, care au sarcina de a răspunde de departamentele : asistenţă tehnică, probleme tehnice, cercetare şi izotopi, administraţie, securitate şi control.

Pe lîngă directorul general există un comitet ştiinţific consultant, care îi prezintă rapoarte ocazionale.

Printre ultimele manifestări organizate de AIEA se numără simpozionul ,,Reactoare de putere cu apă grea'', care a avut loc la Viena în septembrie 1967.

2. Obiectul simpozionului

În etapa actuală, în condiţiile unor cerinţe crescînde de energie şi ale unor resurse clasice limitate şi răspîndite neuniform pe suprafaţa globului, energia nucleară s-a impus ca fiind singura sursă suplimentară de energie pe care se poate conta din punct de vedere tehnico-economic.

Introducerea energeticii nucleare în economie constituie astăzi o preocupare majoră pentru foarte multe ţări din lume. Eforturile tehnico-economice depuse în acest domeniu, într-un interval de timp relativ scurt (circa 15 ani), au făcut ca energetica nucleară să ajungă la maturitate, creîndu-se premisele de competitivitate între centralele nuclearoelectrice şi cele termoelectrice clasice. Această situaţie este confirmată de nivelul actual şi de programele de dezvoltare viitoare a energeticii în majoritatea ţărilor lumii.

Spre deosebire de energetica clasică, în care diferitele tipuri de centrale se bazează pe flux tehnologic şi echipamente similare, centralele nuclearoelectrice se pot concepe pe baza unui mare număr de tipuri de reactoare nucleare.

Condiţiile specifice diferite existente în ţările industrial avansate care au trecut deja la construcţia de centrale nuclearoelectrice au condus la o diversitate mare de tipuri de reactoare aflate în prezent în funcţiune, în construcţie sau proiectare.

Dintre aceste tipuri, unele au deja experienţa mai multor unităţi în funcţiune şi a mai multor ani de funcţionare (reactoarele gaz-grafit, GCR, în Anglia şi Franţa, şi reactoarele răcite şi moderate cu apă uşoară : PWR, BWR, în S. U. A. şi U. R. S. S.).

Reactoarele cu apă grea, care prezintă o serie de avantaje evidente în ceea ce priveşte economia de combustibil, încep să se afirme în etape în care alte tipuri au deja un avans destul de mare.

Pe de o parte, perspectivele economice pe care reactoarele cu apă grea le oferă, iar pe de alta lipsa lor de experienţă, precum şi numărul mare de variante posibil a fi realizate (constructiv sau din punctul de vedere al agentului de răcire) au dat şi dau naştere la discuţii.

Ţinînd seamă de cele de mai sus, o confruntare a specialiştilor din diverse ţări apărea necesară. Răspunzînd acestei cerinţe, AIEA a organizat simpozionul cu tema ,,Reactoare de putere cu apă grea'', care a constituit un prilej de trecere în revistă a realizărilor şi problemelor ce se pun în promovarea acestui tip de reactor.

3. Participarea şi cadrul organizatoric

Au fost prezentate un număr de 61 comunicări din 16 ţări şi o organizaţie internaţională : Canada 13, S.U.A. 6, Franţa 6, Suedia 5, Euratom 4, Anglia 4, Norvegia 4, Germania 3, Italia 3, Iugoslavia 3, Belgia 2, India 2, Japonia 2, Cehoslovacia 1, Brazilia 1, România 1, Israel 1.

La colocviu au participat 229 de delegaţi din 28 de ţări şi trei organizaţii internaţionale (Euratom, Enea, Furatom).

Se remarcă participarea unui număr mare de oameni de ştiinţă din Franţa (30 persoane) şi R. S. C. (21 persoane).

Lucrările simpozionului au fost organizate pe şedinţe corespunzînd diferitelor domenii de activitate, cu tendinţa de a acoperi aspectele variate ale temei propuse. Programul tehnic a cuprins următoarele capitole :

1. Experienţa reactoarelor cu apă grea : reactoare de putere, reactoare experimentale şi prototipuri (15 comunicări).
2. Noi modele şi filiere perfecţionate de reactoare de putere (8 comunicări).
3. Programe de dezvoltare şi utilizare a thoriului (9 comunicări).
4. Aspectele economice şi perspectivele reactoarelor de putere cu apă grea (7 comunicări).
5. Fizica şi utilizarea combustibilului (8 comunicări).
6. Combustibili (6 comunicări).
7. Securitate, control şi construcţii (7 comunicări).
8. Masă rotundă asupra perspectivelor reactoarelor de putere cu apă grea.

4. Desfăşurarea lucrărilor

4.1. *Experienţa reactoarelor cu apă grea*

Comunicările prezentate în această grupă au trecut în revistă experienţa în proiectarea, construcţia şi exploatarea reactoarelor cu apă grea.

În ceea ce priveşte exploatarea, experienţa fiind destul de redusă, comunicările s-au referit numai la reactoare de putere mică, experimentale sau prototip : Halden — Norvegia, BR-3 Belgia, Ågesta — Suedia, MZFR — Germania, NPD — Canada. S-a arătat că aceste reactoare au funcţionat fără dificultăţi mari de exploatare, obţinîndu-se rezultate bune în ceea ce priveşte disponibilitatea reactorului şi gradul de ardere a combustibilului.

Pentru centralele nuclearoelectrice în construcţie sau proiectare, s-au scos în evidenţă şi s-au discutat aspectele particulare ale proiectelor, construcţiei sau probelor de punere în funcţiune.

Printre comunicările şi discuţiile cele mai interesante se pot cita cele referitoare la CNE Marviken — Suedia, CNE Karachi — Pakistan, reactoarele SGHWR — Anglia şi BLW — Canada.

Astfel, în legătură cu CNE Marviken, prevăzută a intra în funcţiune în 1968, echipată cu un reactor cu apă grea în fierbere, cu posibilitatea de supraîncălzire nucleară integrală, s-au făcut comentarii asupra studiului turbinei cu ciclu direct şi a problemei etanşeităţii circuitelor de apă grea.

Caracteristici particulare prezintă şi proiectul CNE Karachi, care se realizează pe baza experienţei de construcţie a reactoarelor NPD şi Candu (Douglas Point) din Canada şi a progreselor actuale obţinute în studiul şi construcţia acestui tip de reactor. Vasul din beton precomprimat, utilizarea rezervorului de apă ca ecran de protecţie şi amenajarea îmbunătăţită a camerei de comandă simplifică centrala şi reduc timpul de construcţie faţă de alte CNE.

Legat de experienţa în construcţia reactorului SGHWR de 100 MW_e (Anglia), după ce s-au trecut în revistă aspectele principale ale proiectului acestui reactor, s-a discutat posibilitatea ca şi la reactoarele de putere industrială să se realizeze ansamble de mari dimensiuni în fabrică, şi nu pe şantier.

Reactorul tip Candu — BLW, moderat cu apă grea şi răcit cu apă uşoară în fierbere (cu U_{nat}), prezintă particularitatea că are un stoc redus de apă grea în miez, necesitat numai de procesul de moderare. Aceasta se poate realiza :

a) reducînd la minimum suprafaţa secţiunii transversale de trecere a agentului termic ;

b) asigurînd funcţionarea cu o densitate redusă a agentului de răcire. Datorită acestor caracteristici şi altor particularităţi ale proiectului, reactorul BLW reprezintă o realizare interesantă.

4.2. *Noi modele şi filiere perfecţionate de reactoare de putere*

Reactoarele cu apă grea oferă posibilitatea realizării unui mare număr de variante atît din punct de vedere constructiv sau al agentului de răcire, cît şi din punctul de vedere al ciclului de combustibil.

Referatele şi discuţiile purtate s-au bazat pe ultimele cercetări şi realizări în acest domeniu. Ca variante constructive s-au prezentat :

— reactorul moderat și răcit cu apă grea în fierbere, studiat de Siemens, cu cuvă din beton precomprimat, cu circuitul primar integrat ;

— reactorul vertical canadian, care are scopul de a simplifica modelele existente (orizontale) pentru a mări siguranța în funcționare și disponibilitatea ;

— CNE Pickering (Canada), prevăzută pentru unități de 500 MW_e tip Candu, moderate și răcite cu apă grea (în prezent s-a dat autorizație de construcție pentru patru unități prevăzute a intra în funcțiune în 1970—1973), caracterizate prin construirea mai multor grupuri identice pe același amplasament. Aceasta conduce la economii rezultate din necesitatea unei singure zone de excludere, reducerea investițiilor și a cheltuielilor de exploatare și întreținere.

Din punctul de vedere al variantelor legate de agentul de răcire, comunicările s-au referit la performanțele reactorului SGHWR (Anglia) de 100 MW_e, a cărui intrare în funcțiune a fost anunțată în timpul simpozionului, și ale reactoarelor moderate cu apă grea și răcite cu CO_2, dezvoltate în Franța.

În legătură cu variantele de ciclu de combustibil s-au prezentat : proiectul japonez de reactor cu plutoniu, autoîntreținut, moderat cu apă grea și răcit cu apă obișnuită în fierbere, precum și cercetările întreprinse în Iugoslavia asupra supraîncălzirii aburului în CNE tip suedez (BHWR), în elementele combustibile din zona de supraîncălzire îmbogățite cu Pu produs în altă zonă a reactorului.

4.3. *Programe de dezvoltare și utilizare a thoriului*

În cadrul acestei grupe s-au prezentat atît programe de reactoare de putere cu apă grea (India) cît și programe de cercetare și dezvoltare a reactoarelor cu U_{nat} moderate cu apă grea și răcite cu lichide organice (S. U. A., Canada) sau a reactoarelor cu apă grea care folosesc drept combustibil thoriu (Euratom, S. U. A., R. F. a Germaniei, Brazilia).

În comunicarea prezentată de India s-a arătat că, întrucît resursele de uraniu ale Indiei sînt destul de limitate, a fost necesar ca programul nuclear să fie bazat, în primă fază, pe reactoare cu uraniu natural, care să necesite minimum de combustibil pentru prima încărcătură și pentru consum și care să producă cantitatea maximă de plutoniu pentru a doua fază (reactoarele rapide reproducătoare). Din studiile întocmite a reieșit că în condițiile Indiei cel mai avantajos tip de reactor este cel cu apă grea. Varianta adoptată este Candu, similar cu CNE Douglas Point (Canada). Pentru a putea trece la adaptarea industriei se merge și în viitor pe același tip. S-a subliniat că s-au început lucrările pentru fabrica de zirconiu, uzina de apă grea, fabrica de elemente combustibile și fabrica de reprelucrare a elementelor iradiate. Este prevăzută o fabrică de aparataj electronic, precum și fabricarea unor părți componente ale reactorului. Pentru cea de-a doua unitate a CNE Rajahstan (2 × 200 MW_e), cea mai mare parte a componentelor reactorului, ca : tamburul, protecțiile de capăt, compensatorul de volum, mașinile de încărcat etc., se prevăd a fi fabricate în India.

În ceea ce privește reactoarele cu uraniu natural, moderate cu apă grea și răcite cu lichide organice, din comunicările prezentate a reieșit că rezultatele obținute cu reactorul de cercetare WR-1 (Canada), în funcțiune din 1965, precum și concluziile programului american de cercetare încheiat în martie 1967 sînt încurajatoare și pot constitui o bază de extrapolare de dimensiuni foarte mari. Studiile americane au arătat că pentru o unitate de 1000 MW_e, prețul de cost al energiei electrice produse de acest tip de reactor ar fi cu 0,5 mills/kWh mai redus decît pentru tipul de reactor american obișnuit. S-a arătat totuși că în S. U. A., în condițiile actuale, trecerea la asemenea reactoare este neeconomică, dar că lucrările efectuate vor permite această trecere dacă factorii economici o vor face indicată.

Utilizarea thoriului în reactoarele moderate cu apă grea a făcut obiectul unor comunicări prezentate de S.U.A., R. F. a Germaniei, Brazilia și Euratom (Orgel). S-au analizat performanțele acestor reactoare comparativ cu reactoarele cu uraniu și s-a subliniat care ar trebui să fie condițiile economice în care ciclul cu thoriu ar deveni mai avantajos ca cel cu uraniu.

4.4. *Aspectele economice și perspectivele reactoarelor de putere cu apă grea*

Problemele legate de economicitatea centralelor nuclearoelectrice echipate cu reactoare cu apă grea, precum și situația actuală și de perspectivă a acestui tip de reactor au constituit obiectul unor comunicări și discuții interesante în cadrul acestei grupe.

Printre autorii comunicărilor s-au remarcat personalități în domeniul energiei nucleare : prof. Lewis, W. B. (Canada), prof. Margen (Suedia), dr. Lane J. A. și dr. Dietrich (S. U. A.).

Poziția actuală a reactoarelor cu apă grea a fost concludent expusă de R. Nandet (Franța) în comunicarea : „Situația generală a reactoarelor cu apă grea". S-a arătat că, deși avantajele prezentate de reactoarele cu apă grea sînt unanim recunoscute, aceste reactoare nu s-au putut dezvolta corespunzător, datorită, pe de o parte, posibilității de a fi realizate în multe variante, ceea ce a condus la o dispersie a eforturilor pe plan mondial, și pe de altă parte datorită faptului că sînt puternic concurate în prezent de reactoarele cu apă ușoară, intrate deja în stadiul comercial, iar în viitor de reactoarele rapide reproducătoare, care oferă perspective promițătoare.

Din comunicările și discuțiile purtate a reieșit că reactoarele cu apă grea oferă o serie de avantaje tehnico-economice față de alte tipuri de reactoare.

Din punctul de vedere al utilizării cît mai raționale a resurselor de combustibili nucleari, pentru a face față dezvoltării energeticii nucleare în lume, apare indicat să se pună accent într-o primă etapă pe reactoarele cu consum redus de uraniu (HWR), iar în a doua etapă pe reactoarele cu raport de conversie mare (HWR, cu thoriu sau FBR).

Din comparațiile prezentate de prof. Margen a rezultat că programele axate pe reactoarele cu apă grea necesită de 2—4 ori mai puțin uraniu decît cele axate pe reactoarele cu apă ușoară și uraniu îmbogățit, fapt care ar putea conduce la situații în care programele bazate pe reactoare cu apă grea să fie mai avantajoase chiar decît programele bazate pe reactoare rapide reproducătoare.

Pentru construirea centralelor nucleare de mare putere, reactoarele cu apă grea sînt deja competitive economic cu orice sursă de energie electrică sau clasică în condiții normale.

Concluziile specialiștilor canadieni sînt clare în această direcție :

— Costurile de capital pentru reactoarele cu apă grea nu diferă mult față de costurile pentru celelalte tipuri. Reactoarele cu apă grea prezintă în plus un potențial considerabil pentru reduceri viitoare ale costurilor de investiții.

— Combustibilul pentru reactoarele tip Candu costă în prezent sub 0,58 mills/kWh și, ținînd seamă de creditul de plutoniu, scade la mai puțin de 0,4 mills/kWh. În viitor se estimează la aproximativ 0,5 mills/kWh.

— Costul scăzut al combustibilului și exploatării va justifica, pentru reactoarele cu apă grea tip Candu, o lungă viață economică.

— Utilizarea reactoarelor cu apă grea și uraniu natural este în mod cert justificată economic. Acest tip de reactor apare indicat și din motive de conservare a uraniului.

— Pentru reactoarele cu apă grea tip Candu 2 × 500 MW_e se pot estima următoarele valori de investiții specifice :

Anul	*Investiții specifice* ($/kW)
1968	192
1974	162
1980	137

Prețul de cost al energiei funcție de agentul de răcire (apă grea — PHW sau apă ușoară BLW) și valoarea sarcinilor de capital, la un factor de încărcare de 80 %, s-a estimat la :

Sarcini de capital	6,88%			12%		
Agentul de răcire	PHW		BLW	PHW		BLW
Anul	1968	1974	1972	1968	1974	1972
Prețul de cost, mills/kWh	2,88	2,49	2,41	4,30	3,64	3,58

În ceea ce priveşte comparaţia între diferitele variante de reactoare cu apă grea, din punctul de vedere al agentului de răcire, în Canada s-au făcut studii asupra a trei sisteme de răcire: apă grea, apă obişnuită, lichide organice. Din comparaţiile economice nu au apărut avantaje ale unei variante faţă de celelalte. Reactoarele răcite cu apă grea prezintă însă avantajul că sînt cele mai avansate din punct de vedere tehnic, fiind deja în funcţiune CNE echipate cu astfel de reactoare.

Reactoarele răcite cu fluide organice se pare că permit o scădere a investiţiei specifice, presiunea sistemului fiind redusă şi randamentul termic ridicat.

4.5. *Fizica şi utilizarea combustibilului*

Comunicările din această grupă au prezentat rezultatele calculelor de fizică, ale cercetărilor asupra statisticii şi dinamicii reactorului, precum şi ale măsurilor şi optimizărilor efectuate pe reactoarele de putere, experimentale sau prototip.

Experienţele fizice efectuate pe reactoarele experimentale s-au referit în special la coeficientul de temperatură, coeficientul de vid, otrăvirea cu xenon, antireactivitatea barelor de comandă şi repartiţia fluxului în miez. Rezultatele experienţelor au fost comparate cu calculele teoretice.

Alte comunicări au prezentat calculul reactorului CNE Marviken, programul suedez de optimizare a reactoarelor, aranjarea combustibilului în reactoarele cu apă grea (Iugoslavia) şi rezultatele măsurilor asupra compoziţiei combustibilului în reactorul NPD (Canada).

— În legătură cu CNE Marviken, după prezentarea calculelor de fizică a reactorului, s-au examinat aspectele particulare ale funcţionării reactorului cu supraîncălzire nucleară, subliniindu-se necesitatea de a se calcula corect puterea relativă de supraîncălzire şi prezentîndu-se calculele de distribuţie a puterii de supraîncălzire în timpul pornirii.

— Programul de optimizare prezentat de Suedia, pentru reactoarele cu apă grea în fierbere, cu vas de presiune, cuprinde mai multe variabile, fiind aplicabil ciclului cu abur direct sau indirect şi circulaţiei în miez, forţată sau naturală. S-au descris diferitele părţi ale programului şi metode de minimizare folosite, arătîndu-se în final că o optimizare generală necesită un timp de lucru de 30 minute — 1 oră pe un calculator IBM — 7044.

— Problema aranjării combustibilului în miezul reactoarelor cu apă grea (Iugoslavia) a apărut datorită faptului că, din motive metalurgice, combustia masică a uraniului metalic trebuie să fie limitată la o valoare mult inferioară valorii maxime permise de excedentul de reactivitate în acest tip de reactor. În comunicarea prezentată s-au examinat posibilităţile de a compensa acest dezavantaj al uraniului metalic, alegîndu-se o schemă potrivită pentru aranjarea combustibilului, care pentru combustia masică tehnic realizabilă să îmbunătăţească parametrii de formă ai fluxului şi să permită obţinerea unei puteri specifice mai ridicate.

Rezultatele măsurărilor asupra compoziţiei combustibilului, efectuate pe un grup de 19 elemente de UO_2 iradiate în reactorul prototip de putere NPD la circa 9700 MW zi/t, au făcut obiectul unei comunicări interesante prezentate de Canada. Pe baza acestor rezultate s-a tras o serie de concluzii asupra variaţiei concentraţiei de plutoniu în reactoarele canadiene cu apă grea tip PHW (răcite cu apă grea) şi BLW (răcite cu apă uşoară).

4.6. *Combustibili*

Problemele discutate în legătură cu combustibilul nuclear s-au referit în special la materiale noi pentru fabricarea elementelor combustibile şi a tecilor, procedee de fabricare şi performanţe obţinute.

Astfel, s-au analizat procedeele utilizate în Italia pentru fritajul materialelor ceramice, precum şi metodele de sudură şi tratare a zircaloyului, utilizat ca material de structură în reactoare.

În Norvegia se studiază aliaje de aluminiu pentru teci, pe baza experienţei reactorului Halden, care iniţial (1954), cînd nu se foloseau curent uraniu îmbogăţit şi zircaloy, a funcţionat cu elemente combustibile din uraniu natural, îmbrăcate într-un aliaj special de aluminiu rezistent pînă la 150°C. Dintre aliajele studiate, aliajul cu 10% şi 1% Ni, 1% Mg şi 0,3% Fe + Ti (aliaj aluminiu IFA — 3) prezintă proprietăţi interesante.

În cadrul acestei grupe a fost prezentată şi o comunicare din partea delegaţiei R. S. România, şi anume: „Combustibil nuclear vitro-ceramic pentru reactoarele cu apă grea răcite cu gaz", întocmită de S. Lungu, de la Institutul de fizică atomică.

Lucrarea se referă la un produs vitro-ceramic UO_2 — SiO_2, adică un produs ceramic cu două faze, obţinut prin cristalizarea parţială a unui amestec omogen topit. Printre proprietăţile pe care le prezintă s-a subliniat posibilitatea turnării în forme mari şi complexe, proprietate pe care nici unul din combustibilii ceramici cunoscuţi nu o are. În final s-a prezentat o formă particulară de element combustibil, pentru a se pune în evidenţă posibilitatea folosirii acestui produs vitro-ceramic drept combustibil în reactoarele cu uraniu natural răcite cu gaz de înaltă temperatură.

4.7. *Securitate control şi construcţii*

Aprecierea securităţii reprezintă o problemă importantă legată de construirea reactoarelor de putere. În Anglia se fac studii asupra utilizării metodelor probabilistice pentru aprecierea securităţii reactoarelor răcite cu gaz.

Aceste studii sînt însoţite de tendinţa de a exprima cantitativ criteriile de securitate. În comunicarea prezentată de Anglia s-a aplicat această metodă la cazul reactoarelor SGHWR. În final s-a examinat efectul introducerii supraîncălzirii în reactorul SGHWR asupra securităţii acestui reactor.

În legătură cu controlul reactoarelor, comunicările prezentate au scos în evidenţă particularităţile sistemului de control la CNE Douglas Point şi CNE EL — 4.

După ce s-a arătat rolul important al calculatoarelor numerice în comanda reactoarelor, s-au descris posibilităţile şi programul calculatorului instalat la CNE Douglas Point.

Controlul şi comanda CNE EL — 4 sînt similare cu cele prevăzute la reactoarele CGR recente, dar ţinînd seamă de caracterul de prototip al acestei centrale şi de incertitudinea performanţelor de funcţionare, s-au lăsat posibilităţi pentru intervenţia directă a operatorilor.

Din punct de vedere constructiv, integrarea reactorului cu apă grea şi a circuitului primar într-un vas de beton precomprimat simplifică mult problemele de exploatare, reducînd numărul de deschideri etanşe pentru circuitul primar. Această concepţie a fost adoptată în studiul efectuat de CEA (Franţa) în colaborare cu Siemens şi Sulzer.

Utilizarea volumului de beton pentru circuitul primar ridică o serie de probleme tehnologice, şi anume:

— izolarea termică a vasului de beton în prezenţa unui fluid cu două faze;

— aparatele care trebuie să funcţioneze în vapori de apă la 300°C;

— accesibilitatea schimbătoarelor de căldură.

4.8. *Masă rotundă asupra perspectivelor reactoarelor de putere cu apă grea*

Discuţiile la masă rotundă au fost purtate în principal de personalităţi recunoscute în domeniul nuclear, scoţîndu-se în evidenţă următoarele aspecte mai interesante:

— Reactoarele moderate cu apă grea prezintă avantaje importante, datorită economiei de neutroni, fapt care le permite să realizeze cel mai redus consum de combustibil nuclear şi cel mai simplu şi elastic ciclu al combustibilului, în comparaţie cu celelalte reactoare termice.

Dezvoltarea reactoarelor cu apă grea se face într-o etapă în care alte tipuri de reactoare termice se află într-o fază de realizare industrială avansată, iar eforturile tehnice sînt orientate pentru pregătirea etapei viitoare a energeticii nucleare, prin punerea la punct a reactoarelor rapide reproducătoare.

— Posibilitatea folosirii unui număr mare de agenţi de răcire, precum şi adoptarea unor tehnici constructive diferite au condus la realizarea unui număr mare de variante, ceea ce a avut ca urmare dispersarea eforturilor de cercetare.

— Singura variantă pusă la punct este reactorul PHWR de tip Candu, care utilizează răcirea cu apă grea în tuburi de forță.

Din acest tip se află în exploatare reactorul de 200 MW_e Douglas Point și în construcție CNE 2 × 500 MW_e Pickering, care se va extinde cu încă două unități de 540 MW_e, CNE Rajahstan de 2 × 200 MW_e, CNE Karachi de 137 MW_e. Alte centrale sînt în curs de tratative.

— În Anglia, reactorul SGHWR, de 100 MW_e, de la Winfrith, reprezintă, după părerea specialiștilor englezi, un prototip care permite extrapolarea unor construcții similare, de puteri mari, cu caracter industrial.

— Specialiștii din celelalte țări europene (în special Franța, R.F. a Germaniei și Suedia) consideră că este necesar să-și unească eforturile pentru realizarea unui reactor comercial de putere mare.

— S.U.A. nu iau în considerare pentru prezent reactoarele cu apă grea, deoarece industria americană și-a însușit fabricarea reactoarelor cu apă ușoară; pentru viitor întrevăd o eventuală competiție între reactoarele cu apă grea și reactoarele avansate răcite cu gaz de înaltă temperatură (HTGR).

Concluzii

Spre deosebire de alte tipuri de reactoare, care s-au dezvoltat sub impulsul unor necesități militare sau au beneficiat de producție de uraniu îmbogățit, pusă la punct în scopuri militare, reactoarele cu apă grea s-au dezvoltat datorită avantajelor lor de principiu, legate de economia maximă de neutroni, realizată de folosirea apei grele ca moderator. Consumul redus de combustibil și posibilitatea de a folosi uraniul natural reprezintă calitățile cele mai importante ale acestui tip de reactor.

Dezvoltarea reactoarelor cu apă grea s-a făcut lent și este și astăzi încetinită de dispersia eforturilor pe un număr mare de variante, foarte diferite între ele, de dificultățile unei competiții cu reactoare puse la punct în ceea ce privește fabricația la scară industrială și de speranțele care se pun în apariția reactoarelor rapide reproducătoare.

Față de această situație, nu întîmplător reactoarele cu apă grea au luat dezvoltare în țările care au trecut la construirea de centrale nuclearoelectrice din motive energetice, fără influența unor factori interni sau externi de altă natură, cum ar fi Canada, India, Pakistan.

Ținînd seamă de avantajele reactoarelor cu apă grea și din necesitatea de a-și menține poziția pe piața internațională, în prezent, chiar și țările care au deja puse la punct alte tipuri de reactoare, cum ar fi Anglia, Franța, R. F. a Germaniei, Suedia etc., se ocupă cu atenție de realizarea de prototipuri industriale din această filieră.

Un factor important în promovarea reactoarelor cu apă grea este simplitatea și eficiența ciclului de combustibil, care, cu cele mai mici cheltuieli de combustibil pe kWh produsă, asigură cea mai mare producție de plutoniu, combustibilul de bază al reactoarelor rapide reproducătoare. Dacă la aceasta se adaugă elasticitatea ciclului, care permite folosirea atît a uraniului natural sau îmbogățit în U_{235} sau Pu, cît și folosirea thoriului, se completează tabloul avantajelor reactoarelor cu apă grea în ceea ce privește folosirea rezervelor de materiale fisionabile și independența în asigurarea resurselor energetice necesare fiecărui stat.

Desigur că stadiul tehnicii actuale a reactoarelor cu apă grea ridică încă probleme tehnice și economice, care cer eforturi și riscuri importante din partea fabricanților și a producătorilor de energie.

Ținînd seamă de această situație, simpozionul de la Viena a răspuns necesității unui schimb de păreri între specialiștii țărilor avansate în construcția de reactoare cu apă grea sau interesate în folosirea lor.

Referatele prezentate și discuțiile purtate au scos în evidență aspecte importante ale problemelor reactoarelor cu apă grea, oglindind situația de fapt din diferite țări care se ocupă de această filieră. Numărul mare de referate și varietatea problemelor tratate au scos în evidență importanța care se acordă reactoarelor cu apă grea în toate țările.

Lista comunicărilor prezentate la simpozionul AIEA „Reactoare de putere cu apă grea"

I. *Experiența reactoarelor cu apă grea: reactoare de putere, reactoare experimentale și prototipuri*

2. SAAS E. Jamme, T. Wullum, K. Fjellestand (Norvegia): Performanțele instalației și inventarul de apă grea la reactorul cu apă grea în fierbere de la Haldan.
17. J. Storrer (Belgia): Experiența obținută în construcția și funcționarea reactorului de putere experimental BR 3/Vulcain.
18. F. de Waegh (Belgia): Performanțele miezului reactorului BR – 3/Vulcain. Aspectele teoretice și experimentale.
27. E. P. Horton (Canada): Experiența de funcționare a reactorului NPD.
42. E. Erickson (Suedia): Centrala nucleară Agesta. – Experiența funcționării sale, 1963 – 1967.
25. H. J. Kraus (R.F.G.): Experiența de funcționare a centralei nucleare MZFR.
28. G.H. Williams (Canada): Centrala Douglas Point. Punerea în funcțiune și începutul funcționării.
47. Nilson (Suedia): Stadiul actual al reactorului Marviken. Remarci asupra aspectelor particulare ale proiectului.
30. R.C. Johnson (Canada): Caracteristici particulare ale programului de construcție a centralei nucleare de la Karachi.
52. R. Carle, P. Schulhof, J. C. Brisset (Franța): Probele centralei EL – 4.
51. Y. Girard, J. Geffroy (Franța): Aspecte fizice, probe și aducerea la plină putere a centralei EL – 4.
69. J. Hslovec, V. Chlumsky (Cehoslovacia): Perspectivele dezvoltării reactoarelor cu apă grea în Cehoslovacia.
64. H. Cartwright (Anglia): Studiul reactorului cu apă grea producător de abur.
32. G. A. Pon (Canada): Reactorul CANDU – BLW – 250.
59. N. Harty (S.U.A.): Reactor de încercări cu recircularea plutoniului (PRTR) – experiența în funcționare, cercetări și realizări asociate. Aplicarea la studiul și funcționarea reactoarelor de putere cu apă grea.

II. *Noi modele și filiere perfecționate de reactoare de putere*

8. R. Stüger (R.F.G.): Reactor cu apă grea de mari dimensiuni cu vas de presiune din beton precomprimat.
31. N. L. Williams (Canada): Caracteristicile reactorului vertical cu tuburi de forță cu apă grea al firmei Canadian General Electric și influența unor factori asupra studiului acestui reactor.
65. D. Hicks (Anglia): Performanțele reactorului cu apă grea producător de abur (SGHWR).
29. W. G. Morison (Canada): Centrala Pickering – aspectele particulare ale unei centrale cu mai multe grupuri identice.
16. S. Sawai, S. Yosukawa, W. Shinoda (Japonia): Studiul unui reactor cu Pu autoîntreținut (moderat cu apă grea și răcit cu apă ușoară în fierbere).
20. N. Afgan, N. Raisio, P. Strugar, M. Studovic, T. Bosevsk, S. Zaric (Iugoslavia): Supraîncălzirea aburului într-un reactor cu apă grea în fierbere utilizînd plutoniul pe care îl produce însuși reactorul.
9. F. S. Aschner, S. Yiftah, P. Glueckstern (Israel): Adaptarea reactoarelor de putere cu apă grea specificului uzinelor mixte.
55. J. Fonteray, R. Martin, C. Ringot, R. Roche (Franța): Studiul reactoarelor cu apă grea răcite cu bioxid de carbon.

III. *Programe de dezvoltare și utilizarea thoriului*

70. V. N. Meckoni (India): Programul indian de reactoare de putere cu apă grea.
15. S. Aoki (Japonia): Proiect japonez de reactor cu neutroni termici avansat (ATR).
58. C. L. Storrs, C. A. Trilling (S. U. A.): Rezultate și concluzii ale programului de cercetare asupra HWOCR (reactor cu apă grea și lichid organic.)
33. A. J. Mooradian, R. F. S. Robertson, R. S. Hatcher, R. G. Hart, D. R. Tegart, A. J. Summach (Canada): Stadiul actual al tehnologiei reactorului cu fluid de răcire organic, în Canada.
60. A. N. Tardiff, R. W. Barber (S. U. A.): Perspectivele actuale ale programului de reactoare cu apă grea în S. U. A.
44. F La Fontaine, G. Rinaldini, C. Zanantoni (EURATOM, Ispra – Italia): Performanțele unui reactor ORGEL alimentat cu thoriu.
57. M. W. Croft, R. A. Webb (S. U. A.): Reactor cu thoriu moderat cu apă grea și răcit cu fluid organic.
7. C. Steinert (R.F.G): Progrese obținute în realizarea unui reactor convertizor sau reproducător cu thoriu-uraniu 233, moderat cu apă grea.
26. W. P. S. Lepicki, S. de Salvo Brito (Brazilia): Evaluări preliminare ale alegerii reactoarelor cu thoriu și apă grea, pentru programul nuclear brazilian.

IV. *Aspecte economice și perspectivele reactoarelor de putere cu apă grea*

36. L. R. Haywood, A. M. Aikin (Canada): Aspecte economice și prețuri la reactoarele de putere moderate cu apă grea.
56. B. Bailly du Bois, R. Naudet (Franța): Situația generală a reactoarelor cu apă grea.
31 P. H. Margen (Suedia): Rolul de perspectivă al reactoarelor cu apă grea în utilizarea rezervelor de combustibil.
62. J. R. Dietrich (S.U.A.): Importanța reactorului cu apă grea într-o economie nucleară bazată pe uraniu îmbogățit.
67. G. B. Zorzoli (Italia): Rolul convertizoarelor cu apă grea avansate, într-un ansamblu cuprinzînd reactoare cu neutroni termici și reactoare cu neutroni rapizi.
37. W. B. Lewis (Canada): Perspectivele reactoarelor cu apă grea.
61. J. A. Lane, R. D. Cheverton, P. R. Kasten (S. U. A.): Evaluarea comparativă a performanțelor și aspectelor economice ale diverselor reactoare moderate cu apă grea.

V. *Fizica şi utilizarea combustibilului*

39. E. O. Norinder (Suedia) : Studiul reactorului de la Marviken din punctul de vedere al fizicii reactoarelor.

3. J. E. Lunde, H. Smidt Olse n(Norvegia) : Fizica şi dinamica reactoarelor cu apă în fierbere, după experienţa de funcţionare a reactorului de la Halden.

40. I. Haga (Suedia) : Optimizarea reactoarelor cu apă grea în fierbere. Descrierea programelor şi aplicaţii.

23. F. Cavali, A Boccolini, V. Giacobbi (Italia) : Utilizarea metodei reactivităţii nule pentru determinarea parametrilor nucleari ai reactoarelor de putere cu apă grea.

43. W. Hage, J. Ligou, G. Riesch, (EURATOM – Italia) : Rezultatele experienţelor ESSOR la putere nulă.

63. D. Hicks, F. P. O'Dell (Anglia) : Inventarul de combustibil în reactoarele cu apă grea producătoare de abur (SGHWR).

13. J. Pop Jordanov, D. Sposojevic, T. Bosevski, N. Raisic, P. S. Trugar, N. Afgan (Iugoslavia), Combustia masică scăzută a uraniului metalic în reactoarele de putere cu apă grea : compensarea acestui inconvenient prin adoptarea unei scheme de aranjare a combustibilului.

34. M. F. Duret (Canada) : cicluri de combustibil în reactoarele cu apă grea.

VI. *Combustibili*

22. A. Cacciari, M. Gabaglia, A. A. Liscia (Italia) : Experienţe de fabricare a prototipurilor de elemente pentru reactoarele în fierbere.

46. S. Lungu (România) : Combustibil nuclear vitroceramic pentru reactoarele cu apă grea răcite cu gaz.

66. J. Vogt, B. Zivanoric, P. Anastasijevic, M. M. Ristic (Iugoslavia) : Elemente combustibile din material ceramic şi fabricarea lor prin vibro-compactizare

35. M. J. F. Notley, A. D. Lane (Canada) : Factori care influenţează studiul elementelor combustibile din UO_2 pentru puteri ridicate.

48. R. D. Page (Canada) : Caracteristici şi performanţe ale elementelor combustibile din UO_2 pentru reactoarele de putere canadiene cu apă grea.

6. K. Videm, A. Hanevik (Norvegia) : Tehnologia elementelor combustibile pentru reactorul cu apă grea în fierbere de la Halden.

VII. *Securitate, control şi construcţii*

19. L. Cave, T. F. Williams (Anglia) : Evaluarea securităţii reactoarelor SGHWR prin metode probabilistice.

4. J. A. Firing, G. Kjaerheim, E. Rolstad (Norvegia) : Aparataj în miez – mijloc de a atinge puteri specifice ridicate în reactoare cu apă grea.

38. E. Siddall, J. E. Smith (Canada) : Calculatorul numeric de la Douglas Point.

50. G. Martinot (Franţa) : Controlul comandat al pilei EL–4.

1. B. P. Rastogi, K. R. Srinivasan, H. D. Purandre (India): Aspecte ale studierii reactorului RAPP relativ la încărcare şi securitate.

54. J. Fonteray, R. Martin, P. Thomé, A Virnot (Franţa) : Studiul centralei cu apă grea răcită cu apă grea în fierbere.

45. J. F. Terrien, N. Hannaert (EURATOM – Ispra – Italia) : Influenţa metodelor de purificare a fluidului de răcire organic, asupra economicităţii unei centrale ORGEL.

CRONICĂ

Cel de-al IV-lea Congres al instalatorilor polonezi

Între 27 şi 29 noiembrie 1967 a avut loc la Varşovia cel de-al IV-lea Congres al instalatorilor polonezi, cu tema : ,,Direcţia dezvoltării tehnice în domeniul termoficării, sistemelor de încălzire şi al ventilaţiei".

La congres au fost prezentate 14 referate şi coreferate cu următoarele teme :

- Probleme de organizare a sistemelor de încălzire, termoficare şi ventilare în Polonia.
- Alegerea parametrilor sistemelor de termoficare urbană.
- Reglarea sistemelor de termoficare urbană.
- Optimizarea surselor termice în oraşe.
- Concepţia automatizării şi măsurării la distanţă în sistemele de termoficare urbană.
- Probleme privind alimentarea cu apă caldă menajeră a oraşelor.
- Direcţia de dezvoltare a sistemelor de încălzire cu parametri înalţi.
- Domeniul de utilizare a încălzirii centrale monotubulare racordate la sistemele de termoficare urbană.
- Metodă de calcul al instalaţiilor de încălzire centrală cu ajutorul maşinilor electronice cifrice.
- Caracteristica instalaţiilor reacordate la sistemele de termoficare urbană.
- Direcţia de dezvoltare a sistemelor de încălzire în obiectivele industriale şi de locuit.
- Economicitatea sistemelor de termoficare urbană.

În afară de reprezentanţii specialiştilor în termoficare, instalaţii de încălzire şi ventilaţie din R. P. Polonă, au mai participat delegaţi din : Finlanda, Italia, Suedia, Olanda, R.D.G., R. F. a Germaniei, R. P. U., R. S. C., R. S. România.

Cu ocazia congresului, a fost organizată, în cadrul Palatului Culturii şi Ştiinţei din Varşovia, o expoziţie privind dezvoltarea tehnicii în domeniul încălzirii.

Congresul a prezentat un interes tehnic deosebit, deoarece a dezbătut probleme din cele mai actuale în domeniul termoficării, încălzirii şi ventilaţiei.

Ing. Fr. Schlötter

Conferinţa internaţională a marilor reţele electrice (CIGRE)

Conferinţa internaţională a marilor reţele electrice de înaltă tensiune (CIGRE) va ţine următoarea sesiune între 10 şi 20 iunie 1968 la Paris, în clădirea UNESCO.

În cursul acestei sesiuni, în cadrul căreia se vor prezenta 124 rapoarte, se va urmări studierea importantelor probleme care intră în preocupările CIGRE referitor la producerea, transformarea şi transportul la înaltă tensiune al energiei electrice.

Acest studiu se va ocupa în principal de problemele referitoare la generatoare, transformatoare, întrerupătoare, cabluri izolate, concepţia şi funcţionarea reţelelor, supratensiuni din trăsnet, relee şi transportul de energie la înaltă tensiune în curent continuu şi alternativ.

Pentru lămuriri, vă rugăm să vă adresaţi Comitetului Naţional Român al CIGRE, Calea Victoriei nr. 118, Bucureşti.

Înscrierea la sesiune se face de către specialişti prin intermediul instituţiilor centrale de care depind, Comitetul naţional român al CIGRE urmînd a face centralizarea şi transmiterea către Biroul central CIGRE, din Paris.

Recenzii

FRANTISEK KARAS. Tratarea apei şi a aburului în instalaţiile termoenergetice. Editura tehnică, Bucureşti, 1967.

Lucrarea, tradusă din limba cehă, adaptată şi completată de ing. L. Stanisavlievici, are o extindere de 375 pagini, cuprinde 11 capitole, 207 scheme şi diagrame şi 30 tabele. Capitolele principale conţin numeroase referinţe bibliografice.

Partea teoretică de fundamentare a problemelor expuse este redusă la strictul necesar, bazate pe concepţii recente; tratarea materialului este axată pe necesităţile practice, prezentînd problemele de tehnica tratării apei în mod concis, cu indicaţii şi date utile exploatării.

Structura lucrării prezintă sistematic materialul complex, în ordinea funcţională, ceea ce uşurează urmărirea şi înţelegerea problemelor expuse.

Primele capitole tratează despre coroziunea echipamentului energetic, cu stăruinţă asupra coroziunii datorită apei şi gazelor dizolvate în apă; partea teoretică are caracter de orientare pentru practicianul confruntat cu aceste probleme.

Sînt expuse apoi metodele de curăţire chimică a cazanelor, înainte de pornire şi în exploatare şi a condensatoarelor turbinelor; în continuare sînt precizate noţiunile de apă şi de condensat „curate”, şi natura impurităţilor aflate în apă.

Aproximativ o treime din extinderea lucrării o constituie capitolul tehnologiei tratării apei. Metodele moderne, aplicate în tratarea apei, sînt descrise în mod concis, clar şi direct.

Normele de calitate pentru apa de alimentare şi apa din cazan — cehoslovace, româneşti şi germane — sînt analizate comparativ în structura lor.

Capitolele următoare expun fenomenele care influenţează generarea aburului în cazan, solubilitatea sărurilor în abur, mecanismul depunerilor în turbine. Controlul chimic al circuitului apă-abur este expus principial, completat cu scheme de dispozitive şi de aparate automate de analiză. O anexă cuprinde 13 tabele de date şi indicaţii utile exploatării.

Pentru ca lucrarea să prezinte o actualitate şi utilitate cît mai mare, au fost efectuate o serie de intervenţii în textul original, referitoare la probleme de un interes acut, cum sînt: normele româneşti pentru regimul chimic al apei la cazane cu presiune de 100 kgf/cm^2 şi mai mare; regimul chimic al apei pentru cazanele cu vaporizare în trepte; rolul adaosului de fosfat în apa de cazan; comportarea substanţelor organice din apă faţă de schimbătorii ionici; alegerea regenerantului pentru schimbătorii cationici şi altele.

Lucrarea umple un gol resimţit de cîţiva ani în literatura tehnică românească de specialitate, privind tratarea apei pentru instalaţiile termoenergetice.

Ing. **L. Stanisavlievici**

DAN GOLICI. **Exploatarea şi întreţinerea instalaţiilor moderne de descărcare, depozitare şi preparare a combustibililor solizi folosiţi în centralele termoelectrice mari.** I.D.T. Bucureşti, 1967, 114 p., 56 fig., 110 ref. bibl.

Problema utilizării combustibililor solizi în centralele termoelectrice reprezintă, în continuare, o preocupare majoră a inginerilor şi tehnicienilor din ramura energetică. Cercetările şi măsurile de îmbunătăţire sînt îndreptate, în general, spre o folosire tehnico-economică mai avantajoasă a combustibililor solizi inferiori şi ieftini, pentru a se putea compensa, în mod competitiv, avantajele oferite de combustibilii lichizi şi gazoşi. Aceştia din urmă sînt caracterizaţi, printre altele, de o manipulare şi un transport mai uşor, astfel încît, în ultimul timp, se acordă o atenţie sporită tocmai problemelor referitoare la transportul, descărcarea şi depozitarea combustibililor solizi, în scopul uşurării exploatării şi reducerii numărului personalului slab calificat folosit pentru aceste operaţii.

Lucrarea menţionată tratează toate aceste aspecte de la livrarea cărbunilor la mină şi pînă la ajungerea acestora în starea finală, în care urmează să fie arşi în focarele cazanelor de abur. Problemele respective şi rezolvările lor moderne sînt analizate şi expuse în şapte capitole principale:

1. Transportul prin mijloace convenţionale şi descărcarea combustibililor solizi destinaţi centralelor de putere mare.
2. Transportul hidraulic (prin conducte) al cărbunelui.
3. Descărcarea combustibilului solid din vagoane, în timpul iernii.
4. Depozitarea combustibililor solizi în incinta centralelor.
5. Combaterea blocării combustibilului umed pe traseele interioare de transport, în timpul exploatării.
6. Influenţa transportului şi depozitării combustibilului asupra construcţiei şi exploatării centralelor termoelectrice în ansamblu.
7. Instalaţiile de preparare a combustibililor solizi în vederea arderii acestora în cazanele de abur de debit mare.

O atenţie deosebită se acordă organizării transportului continuu al cărbunelui prin intermediul trenurilor navetă de mare tonaj (cap. 1). De asemenea sînt examinate aspectele mai importante legate de descărcarea automatizată a cărbunilor, inclusiv în perioada de iarnă cînd apare pericolul de îngheţ al masei combustibile în mijloacele de transport (cap. 3).

Modului în care gospodăria de combustibil influenţează asupra construcţiei şi concepţiei de realizare a centralelor termoelectrice, în ansamblu, i se rezervă un capitol special (cap. 6).

Întrucît arderea combustibililor solizi are loc în cazanele moderne aproape exclusiv sub formă de praf, sînt examinate şi aspectele cele mai importante ale exploatării şi întreţinerii instalaţiilor de măcinare, respectiv a morilor de cărbune. Dintre acestea, o atenţie deosebită este acordată morilor-ventilator, care reprezintă o soluţie modernă, cu perspective mari de răspîndire (cap.7).

La elaborarea lucrării s-a utilizat o bibliografie bogată, extrasă din revistele de specialitate din ţările puternic industrializate şi cu o tradiţie îndelungată în folosirea combustibililor solizi în ramura energetică (U.R.S.S., R.F.G., Anglia, S.U.A., Franţa).

Lucrarea abordează probleme actuale ale exploatării centralelor termoelectrice prezentînd soluţii de rentabilizare a unui domeniu rămas relativ în urma celorlalte realizări.

Ing. **M. Kaufman**

Informaţii tehnice

Franţa. Reţeaua de înaltă tensiune cuprinde azi 54 000 km, din care 1500 km de 225 kV şi 3100 km de 380 kV.

Liniile electrificate SNCF în 1966 au fost de 8580 km, adică 22,7 % din reţeaua totală.

U.R.S.S. Producţia de gaz natural în 1966 a fost de 144,7 mrd. m^3 şi de 160 mrd. m^3 în 1967.

S.U.A. Din 1961 pînă în 1966, producţia centralelor electrice a crescut cu 44 %, în care timp consumul de cărbune a crescut cu 47 %. În 1975 cărbunele va furniza 58 % din energia consumată de centrale, faţă de 65 % în 1968.

Spania. Centrala franco-spaniolă din Catalonia este de tipul Saint-Laurentdes-Eaux (uraniu natural, grafit, gaz) de putere 500 MW.

Japonia. În 1966 producția de cărbune a fost de 51,3 milioane tone, cu puterea calorifică de 6230 kcal/kg.

(Revue générale de thermique nr. 69 (1967), p. 1221–1225)

Avarii de elemente combustibile la Kahl. La centrala nucleară de încercări de la Kahl se presupune că avariile produse la elementele combustibile se datoresc radioactivității mărite în circuitul primar. Această presupunere s-a confirmat la oprirea reactorului și cercetarea elementelor combustibile. Opt din elementele livrate de firma suedeză ASEA au prezentat rupturi la partea superioară a învelișului.

Planificarea unei a doua centrale nucleare în R.D.G. După centrala nucleară de 70 MWe de la Rheinsberg, intrată în serviciu în 1966, se va construi o a doua centrală nucleară de 540 MWe. Reactorul se va importa probabil din U.R.S.S., ca și pentru prima centrală.

Costul energiei nucleare în R.F. a Germaniei. După manualul „Euratom", calculele de costuri s-au făcut, în condițiile existente în R.F. a Germaniei, raportate la: blocul nuclear de 600 MW_e putere netă cu reactor cu apă sub presiune H_2O, combustibil UO_2 cu circa 3% îmbogățire, miez cu trei zone, dobînda medie 6,5% pe an, funcționare de 6510 h/an, durata 17 ani, costul instalației la cheie fără inventarul inițial de material fisionabil 450 DM/kW neto.

Costul producției energiei electrice este, pe capitole, astfel:

– Partea de cost investiții		0,927 Dpf/kWh
– costul combustibilului		
partea fixă	0,252 Dpf/kWh	
partea de muncă	0,568 ,,	0,820 ,,
Costul exploatării:		
– impozite și asigurare	0,335 ,,	
– personal	0,046 ,,	
– întreținere	0,146 ,,	0,527 ,,
Total		2,274 Dpf/kWh

Avaria la reactorul Enrico Fermi nu a fost înlăturată. Prototipul american al regeneratorului rapid răcit cu natriu Enrico Fermi a fost oprit în octombrie 1966, din cauza temperaturilor prea mari la unele elemente combustibile. S-a stabilit că două legături de elemente combustibile au fost defecte și deformate. A doua legătură se prinde astfel de miez încît nu poate fi îndepărtată decît cu un dispozitiv special. Acest dispozitiv era prevăzut să fie gata pînă în septembrie 1967.

Centrala nucleară spaniolă Vandellos în construcție. Pe șantierul Vandellos în Catalonia, la 100 km sud de Barcelona, au început lucrările de construcție a centralei nucleare de 500 MWe, ce se livrează din Franța. Se arată costul construcțiilor, de 650.10^6 Ffr, și costul primei încărcături de combustibil, de 200.10^6 Ffr. Centrala va intra în funcțiune în 1971.

De la AGR la A^2GR? La reactorul Dragon se vor folosi ca materie de fisiune particule de uraniu-carbid (coated particles) în straturi de grafit în grafitmatrix.

Paralel cu aceasta, autoritatea engleză de energie atomică (UKAEA) a dezvoltat un material de fisiune în care particulele de uraniu-carbid sînt în straturi cu carbid de siliciu și cuprinse într-un pat de carbid de siliciu-matrix. Cu acest material de fisiune s-a atins la încercări 100 p, la o temperatură la suprafață de 1000°C, un consum de 40 000 MW zi/t, cu caracteristici reziduale excelente pentru produsele fisionate. Întrucît carbidul de siliciu suportă bioxidul de carbon, se poate folosi acest material de fisiune fără învelișul uzual din oțel inoxidabil și în reactoarele AGR. Se vorbește astfel de așa-zisul A^2GR.

Privire asupra centralelor nuclearoelectrice franceze

Denumirea	Locul	Puterea netă MWe	Tipul	Intrarea în exploatare
G_1	Marcoule	3	Uraniu natural Gaz/grafit	1956
G_2		40		1958
G_3		40		1959
E.d.F.1	Chinon	70		1962
E.d.F.2		200		1964
E.d.F.3		480		1966
S.E.N.A.	Chooz	266	Uraniu natural cu apă sub presiune, moderat cu D_2O, răcit cu H_2O.	1966
EL-4	Bremilis	73		1967
E.d.F.4	St. Laurent des-Eaux	480	Uraniu natural	1968
E.d.F.5		515		1970
Bugey 1	St. Vulbas	540	Gaz/grafit	1971
Fessenheim	Fessenheim	650		1971
		3357		

Reactoarele G 1, 2 și 3 produc în primul rînd plutoniu; toate celelalte instalații servesc pentru producerea energiei electrice. În prezent se găsesc în exploatare peste 1000 MW nucleari.

Centrală nucleară proiectată pentru Capenhurst și Uzina de aluminiu. Autoritățile engleze de energie atomică (UKAEA) și organizația Rio Tinto Zinc (RTZ) tratează construirea unei centrale nucleare comune pe insula Anglesey. RTZ are nevoie de 250 MW pentru producerea celor 120 000 t/an aluminiu. UKAEA necesită pentru instalația de îmbogățire de la Capenhurst 250 MW_e în 1970 și 500 MW_e în 1975 pentru a asigura alimentarea centralelor nucleare cu uraniu îmbogățit. Deși se discută eventualitatea unui reactor moderat cu apă grea, se va alege totuși un reactor AGR.

Proiectarea unei mari centrale nucleare în Suedia. Suedia proiectează o centrală nucleară de 3000 MW_e la Ringhals, pe coasta de vest, cuprinzînd mai multe reactoare cu apă ușoară și grea. Pentru prima etapă de construcție se prevede un bloc de 600 MW_e. Puterea totală a centralelor electrice în Suedia este în prezent de 6000 MW.

(BWK nr. 9, 1967, p. 464–466)

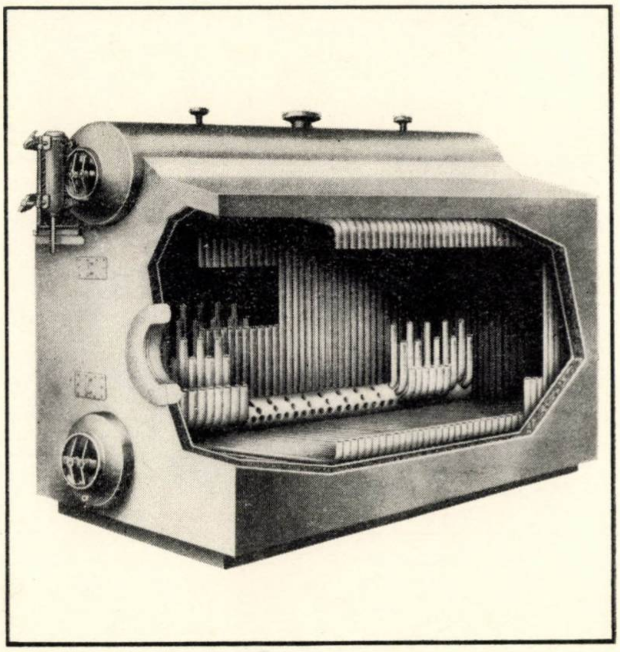
Revista „ENERGETICA", organ al Ministerului Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R. S. România (CNIT), Redacția: București, Splaiul Independenței nr. 49. Telefon: 13.00.53. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament: nr. 058001 B. N. R. S. R. — Filiala Sectorul VI. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri lei 30 anual.
Prețul unui exemplar lei 5. — Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „Informația", București — c. 6219

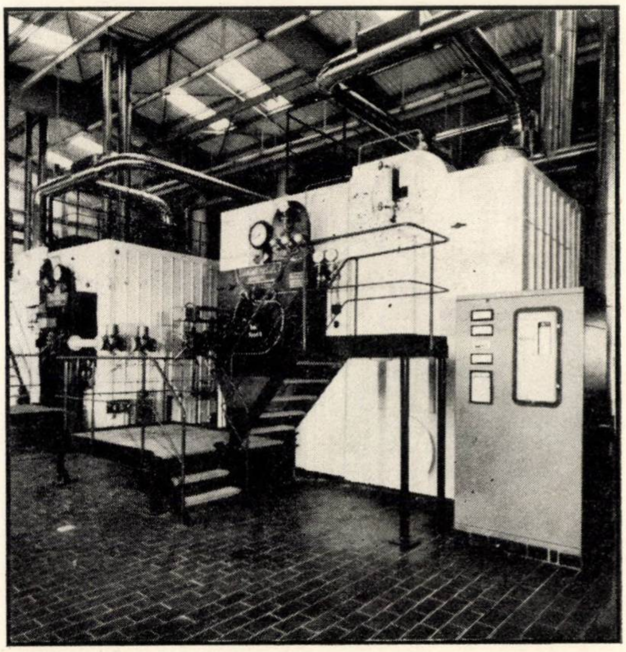
Taxele poștale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.T. nr. 10/1095, 1967

41 401

Cazane
de construcție
compactă

STANDARD-PORTAKESSEL





Cazan acvatubular de apă supraîncălzită, abur saturat și abur supraîncălzit. Elementele de construcție ale acestui cazan sînt țevi cu aripioare. Desimea țevilor și poziția paralelă, fără spații intermediare, a drumurilor de gaze, permit livrarea cazanului pînă la cele mai mari puteri în construcție compactă. Dimensiunile camerei de ardere, în special adîncimea camerei de ardere, sînt astfel alese încît să asigure desfășurarea ireproșabilă a arderii. Instalația de ardere se construiește în mod obișnuit pentru păcură, gaze sau combinat, pentru păcură și gaze.

Domeniile de aplicație a acestui cazan sînt: producerea energiei electrice în centrale industriale mici și mijlocii; producerea apei supraîncălzite pentru alimentarea centralizată cu căldură de la instalații de încălzire mari de la distanță; producerea aburului saturat pentru întreprinderi de orice natură.

STANDARD-PORTAKESSEL (cazanele Porta-standard) se construiesc pentru abur saturat pînă la presiuni de 67 kgf/cm^2, pentru abur supraîncălzit cu temperaturi pînă la 500°C.

Există peste 20 de tipuri diferite de cazane pînă la debite de 25 t/h. Pentru nevoi mai reduse și presiuni mai scăzute, construim STANDARD-CONDORKESSEL (cazane Condor-standard), cazane de construcție compactă combinate cu tub de flacără și țevi de fum.

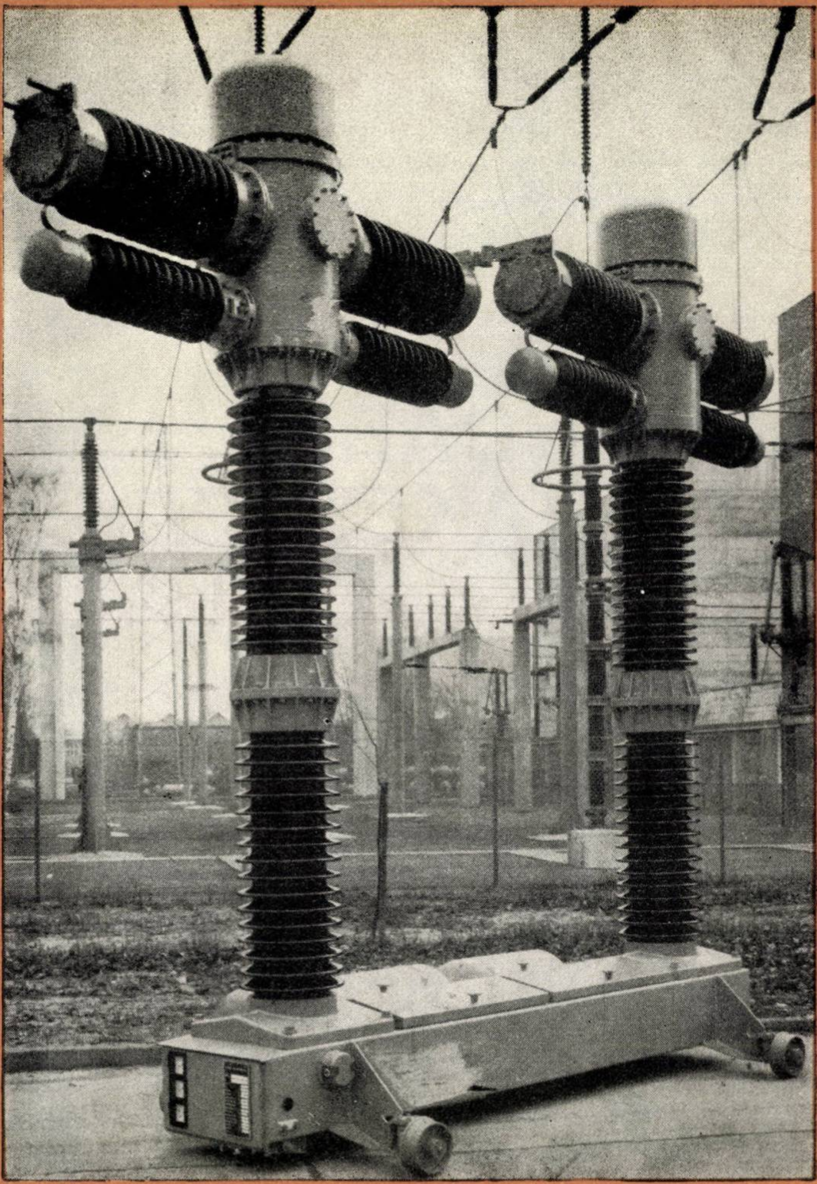
STANDARDKESSEL DUISBURG

SKG
STANDARD

R. F. a Germaniei
41 Duisburg
Wilhelmshöhe
☎ 02131 / 3 43 41
0855 650

intreprinderea

ENERGOMONTAJ



execută lucrări de montaj:

- Cazane de abur cu parametri ridicați:
  - — 500 t abur/h 215 at, 514°C
  - — 640 t abur/h, 140 at, 570°C
- Turbine cu abur de la 6 MW la 315 MW
- Turbine cu gaze
- Turbine hidraulice de la 5,5 MW la 170 MW
- Compensatoare sincrone
- Instalații termomecanice auxiliare ale centralelor termoelectrice și echipament hidromecanic
- Instalații electrice de joasă, înaltă și foarte înaltă tensiune
- Instalații de măsură, control și automatizare

TRUSTUL

ELECTROMONTAJ

Execută prin unitățile sale de construcții :

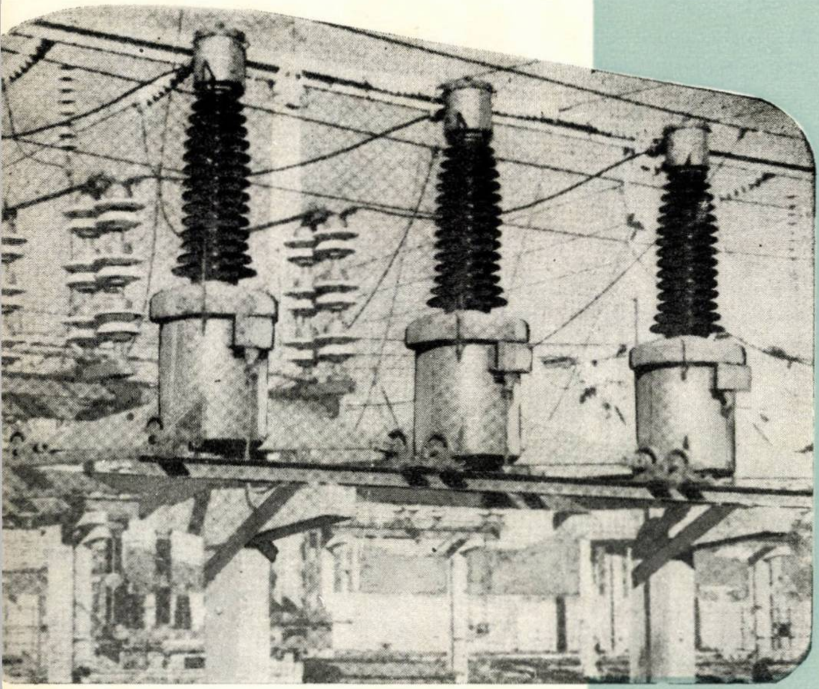
- Stații electrice și posturi de transformare
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuție
- Electrificări rurale

Produce prin unitățile sale industriale:

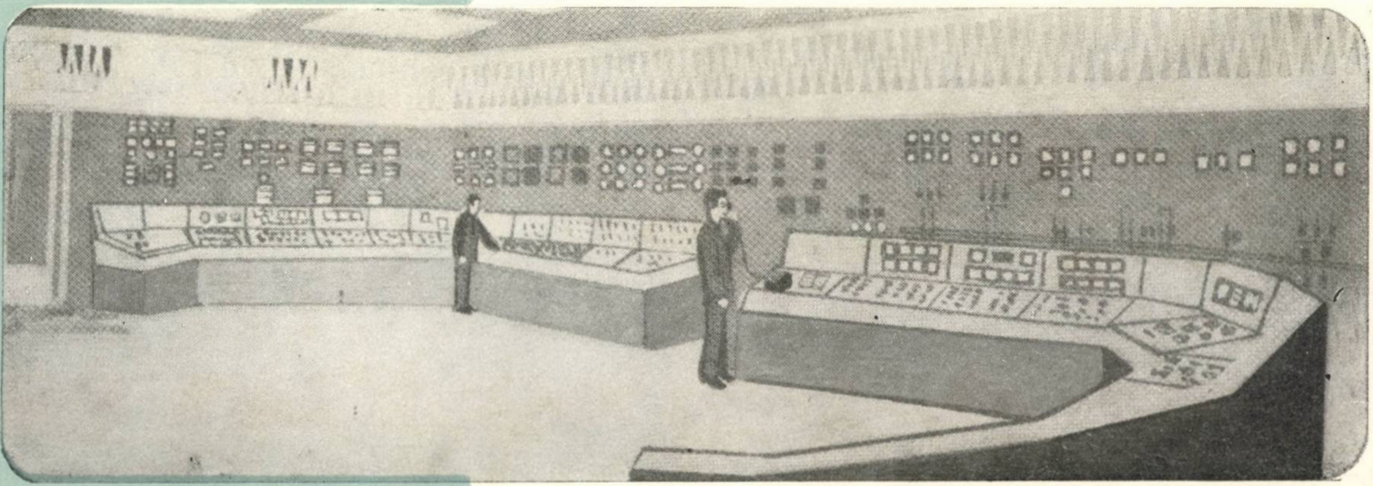
- Stîlpi metalici
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionați
- Celule și panouri pentru centrale și stații electrice
- Posturi de transformare urbane și rurale complet prefabricate
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, stații, posturi de transformare și linii electrice de transport și distribuție

BUCUREȘTI, CALEA MOȘILOR 158 TELEFON 16.63.30

Ire Banat



- proiectează, execută și exploatează instalații energetice
- pregătește cadre pentru sectorul energetic
- asigură, prin corpul de dispeceri, distribuirea continuă a energiei electrice
- execută verificări profilactice ale aparatajului electric și verificări de protecții prin relee cu unități proprii
- execută lucrări de instalații electrice interioare pentru populație și pentru unități socialiste, în mediu urban și rural
- execută lucrări de întreținere și reparații la instalații de automatizări termice și electrice



I.C.T. DEVA

ICT Deva, unul dintre principalele obiective ale planului de 10 ani pentru dezvoltarea energeticii din Republica Socialistă România, va contribui substanțial la electrificarea țării.

ICT Deva se construiește în două etape, din care prima etapă, de 800 MW, va fi terminată în anul 1971.

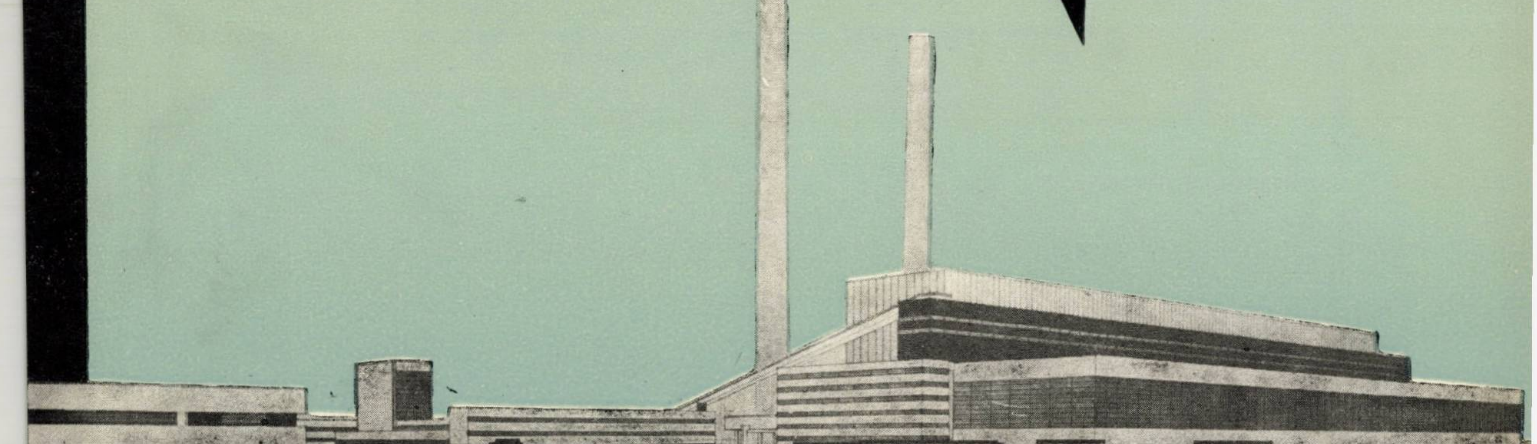
Combustibilul folosit va fi huila de Valea Jiului. Gazele naturale și păcura vor fi utilizate la pornirea și stabilizarea flăcării.

Echipamentul termomecanic va fi constituit din cazane cu trecere forțată avînd parametrii: presiunea 140 ata, debitul 660 t/h, temperatura aburului supraîncălzit 550°/550°C și turbine cu condensație cu putere unitară de 200 MW.

Generatoarele electrice sînt răcite cu hidrogen și apă, fiind de construcție modernă.

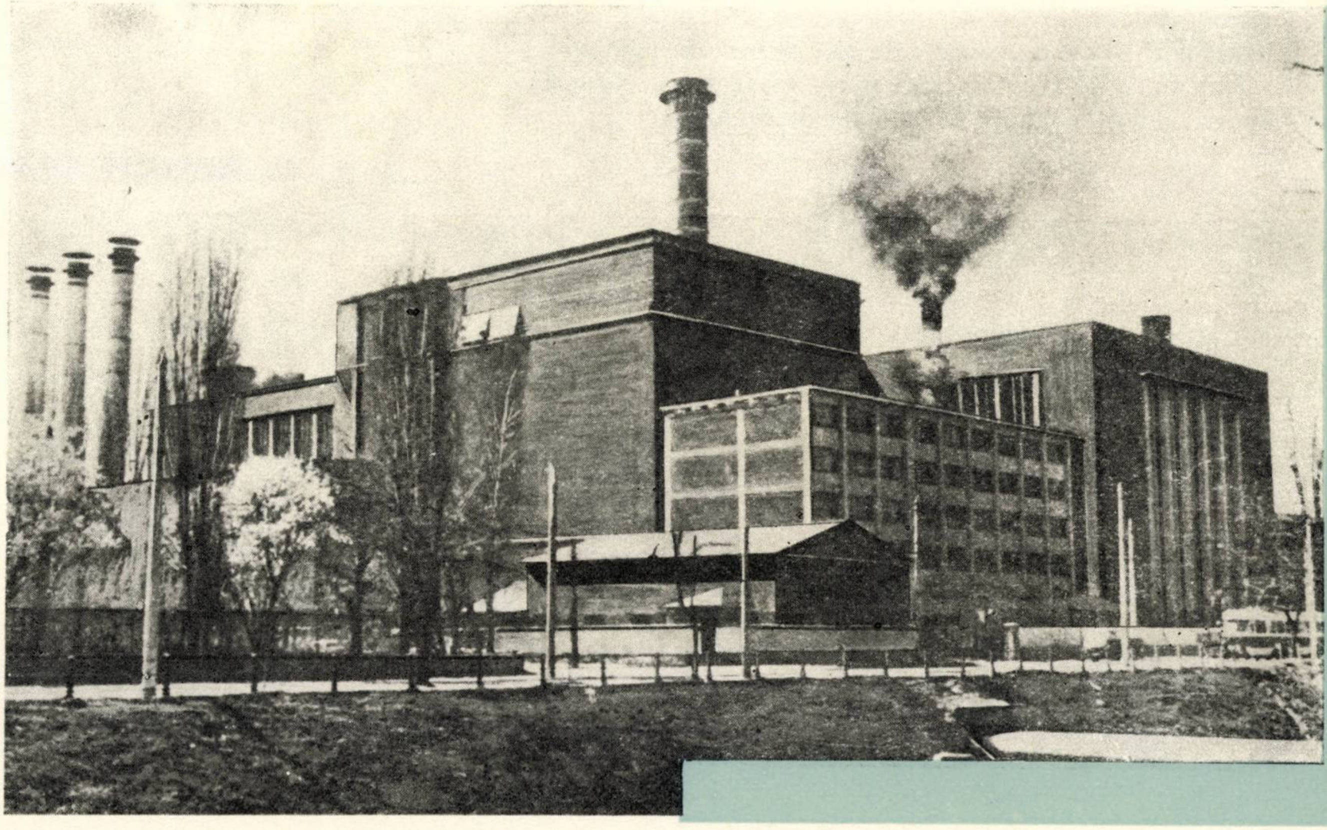
Funcționarea optimă a ICT Deva va fi efectuată cu ajutorul calculatoarelor electronice, iar principalele puncte de control vor fi supravegheate prin ecran de televiziune.

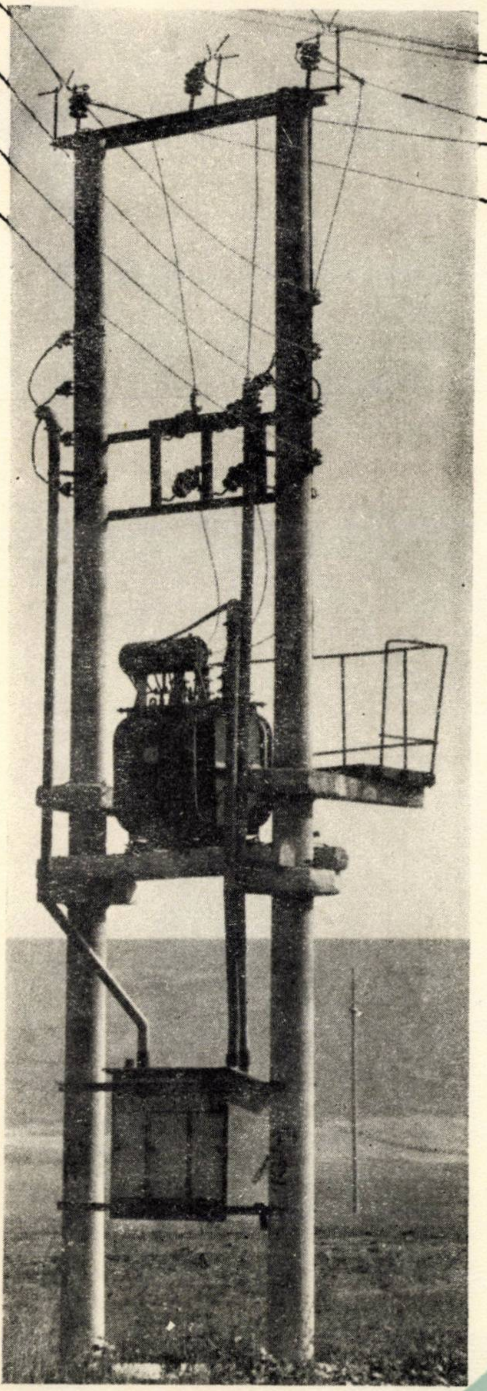
Asigurarea cu apă de răcire se va efectua prin devierea cursului rîului Mureș pe o distanță de circa 4 km.



INTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE BUCUREŞTI

Centrala electrică de termoficare Bucureşti-Sud furnizează oraşului Bucureşti energie electrică şi căldură şi sistemului energetic naţional energie electrică la tensiuni de 110 şi 220 kV. CET Bucureşti-Sud livrează căldură sub formă de apă fierbinte consumatorilor casnici şi abur la presiuni de 9 şi 13 ata pentru scopuri tehnologice, fiind în măsură să alimenteze noi consumatori de căldură.
Gradul ridicat de siguranţă în funcţionarea instalaţiilor asigură alimentarea fără întreruperi a cosumatorilor şi respectarea parametrilor nominali.





Produce, transportă şi distribuie:

- energie electrică,în reţele electrice de joasă, medie, înaltă şi foarte înaltă tensiune, la consumatorii casnici şi industriali din regiune

Execută:

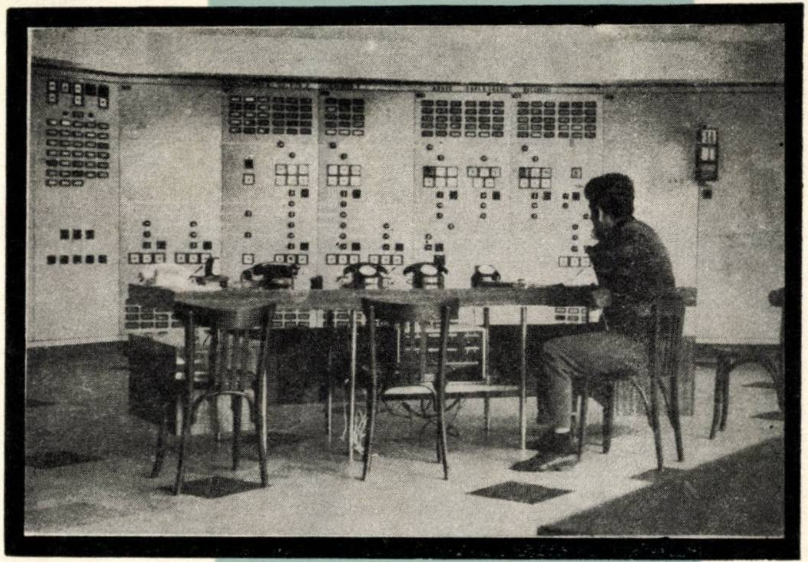
- linii electrice de 6,15 şi 35 kV
- linii electrice de joasă tensiune pentru electrificări urbane şi rurale
- posturi şi staţii de transformare
- reparaţii şi verificări de transformatoare de forţă
- reparaţii şi verificări de aparate electrice de măsură şi control, prin laboratoarele proprii, PRAM.

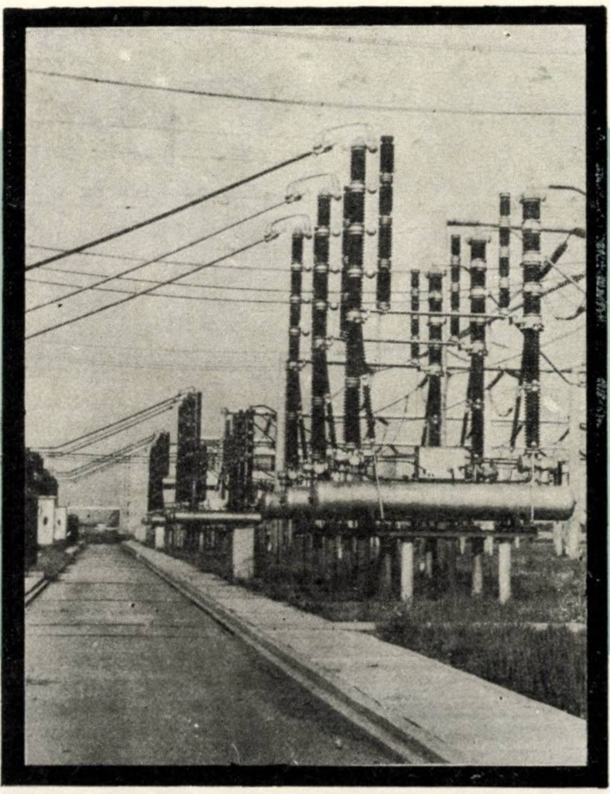
Întocmeşte:

- studii tehnico-economice pentru lucrări noi şi îmbunătăţirea instalaţiilor existente
- proiecte de execuţie pentru linii aeriene şi subterane, posturi şi staţii de transformare, instalaţii de iluminat exterior

IRE OLTENIA

IRE ARGEȘ





- asigură, în bune condiții, prin instalațiile sale cu un înalt grad de tehnicitate, alimentarea cu energie electrică a tuturor consumatorilor săi
- asigură, prin unitatea sa de proiectare, proiectele pentru linii, stații și posturi trafo de 110, 20 și 6 kV și eletrificări rurale
- execută, prin unitatea sa de construcții-montaj, lucrări de electrificare
- execută, prin loturile de instalații interioare, instalații interioare la unitățile socialiste și la abonații particulari.

INTREPRINDEREA

ELECTROMONTAJ

BACĂU

execută:

- stații electrice și posturi de transformare
- linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- linii electrice de distribuție
- electrificări rurale

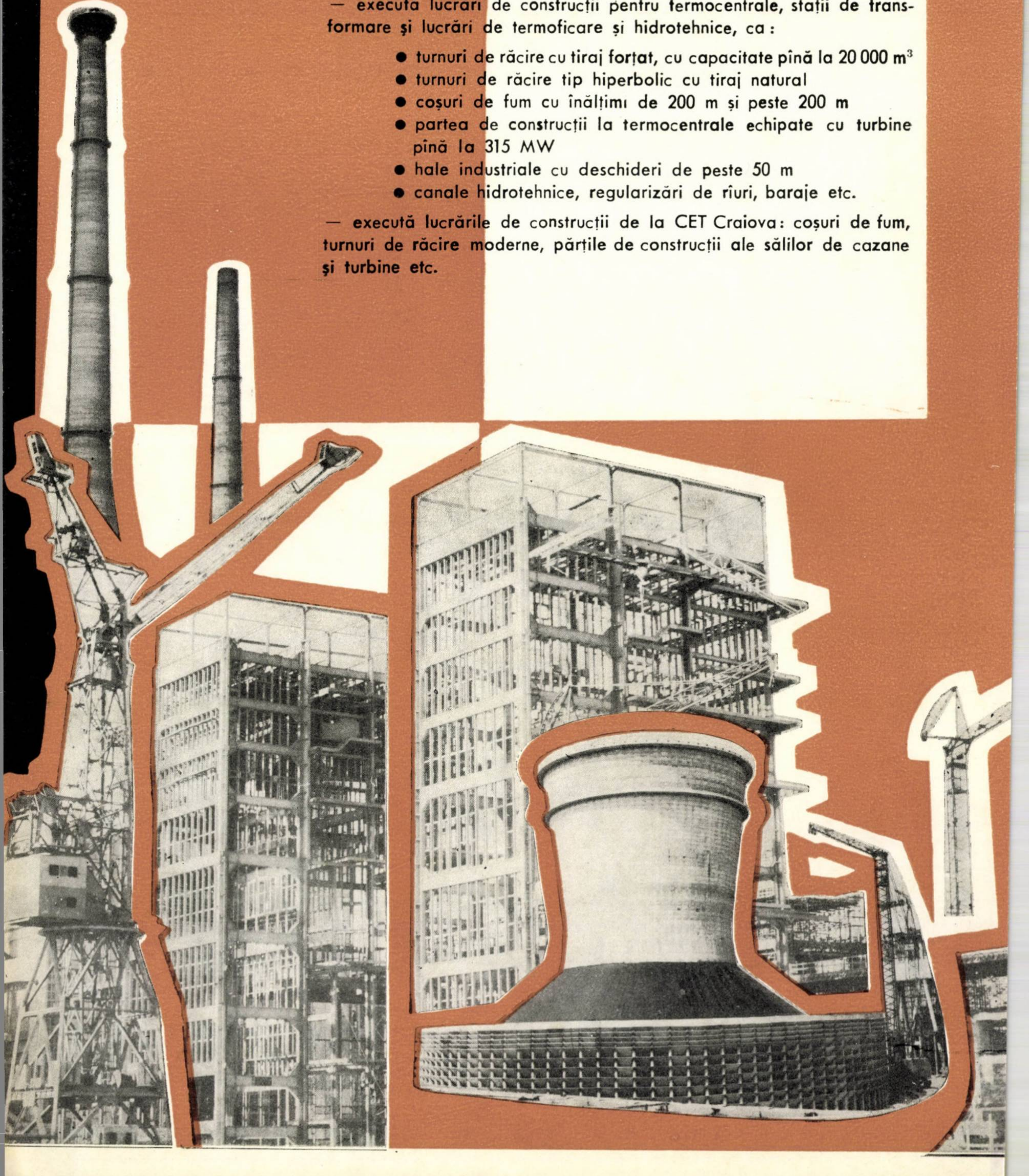
ÎNTREPRINDEREA „ELECTROMONTAJ"-BACĂU
CALEA BUCUREȘTI NR. 3 ● TELEFON 11300—11301

ISCI-CET-CRAIOVA

— execută lucrări de construcții pentru termocentrale, stații de transformare și lucrări de termoficare și hidrotehnice, ca:

- turnuri de răcire cu tiraj forțat, cu capacitate pînă la 20 000 m^3
- turnuri de răcire tip hiperbolic cu tiraj natural
- coșuri de fum cu înălțimi de 200 m și peste 200 m
- partea de construcții la termocentrale echipate cu turbine pînă la 315 MW
- hale industriale cu deschideri de peste 50 m
- canale hidrotehnice, regularizări de rîuri, baraje etc.

— execută lucrările de construcții de la CET Craiova: coșuri de fum, turnuri de răcire moderne, părțile de construcții ale sălilor de cazane și turbine etc.



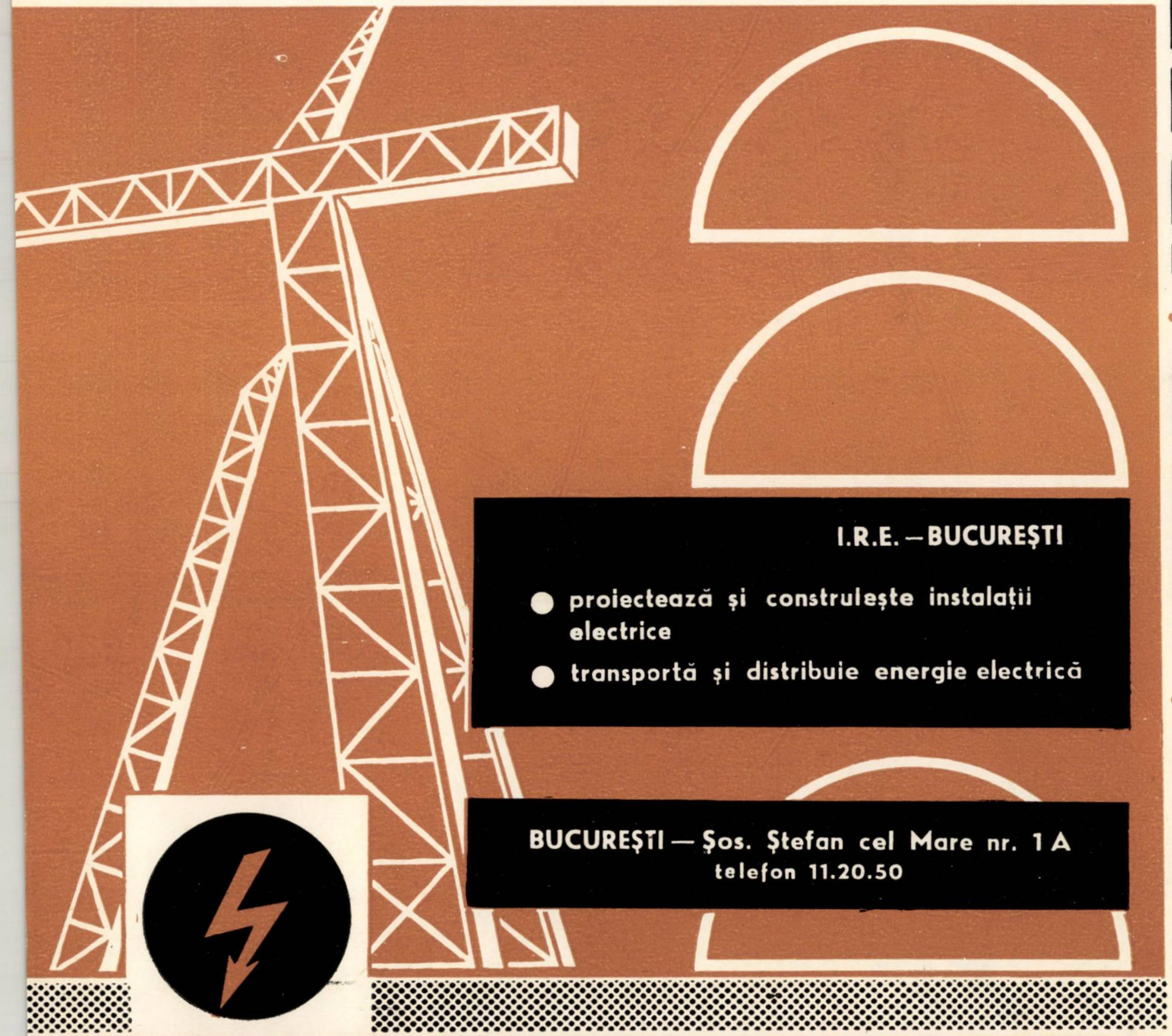
ÎNTREPRINDEREA
REGIONALĂ
DE ELECTRICITATE
BUCUREȘTI

I.R.E. — BUCUREȘTI

- proiectează și construiește instalații electrice
- transportă și distribuie energie electrică

BUCUREȘTI — Șos. Ștefan cel Mare nr. 1 A
telefon 11.20.50

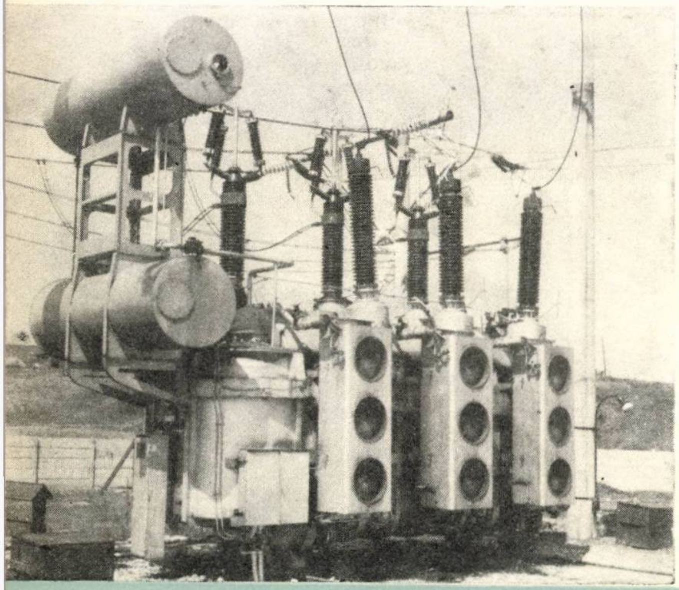
B*IREB*IREB*IREB*IREB*IRE



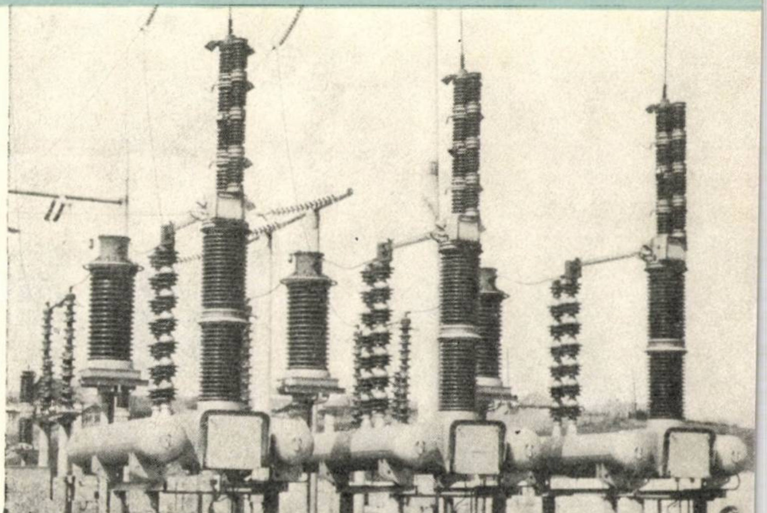
I.R.E.H.

DEVA

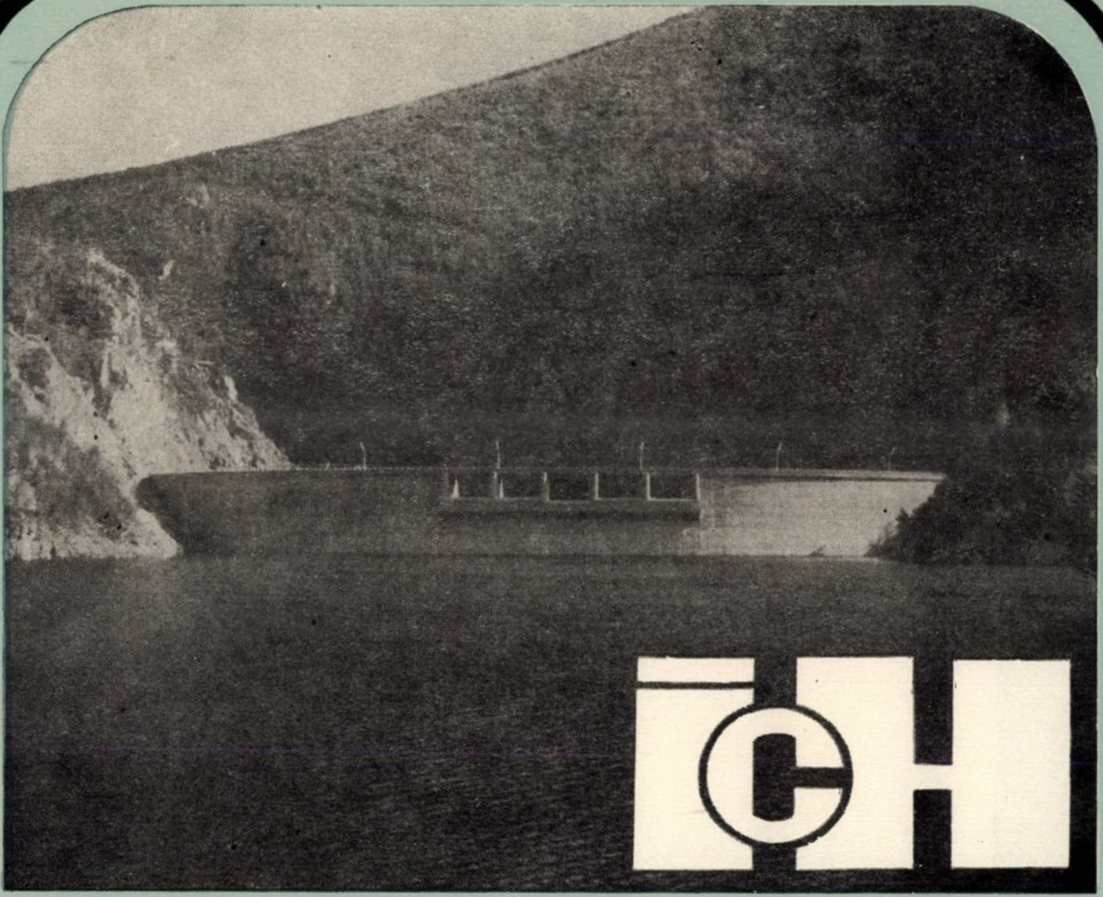
roiectează: xecută: ntreține: xploatează: Instalații de producere, transport și distribuție a energiei electrice



ÎNTREPRINDEREA
REGIONALĂ
DE
ELECTRICITATE
HUNEDOARA
cu sediul în
DEVA
str. George Enescu nr. 39
telefon 1950



ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

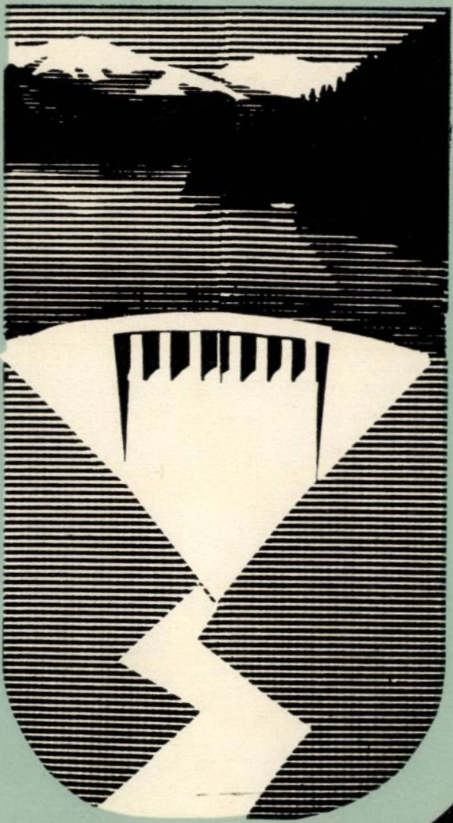


INTREPRINDEREA CONSTRUCTII HIDROENERGETICE

executá lucrări de.

- Baraje de toate genurile
- Centrale hidroelectrice subterane şi de suprafaţă
- Tuneluri şi galerii hidrotehnice
- Canale şi diguri
- Amenajări pentru alimentarea cu apă a marilor industrii

I. C. H.-Bucureşti, str. Dimitrie Onciu nr. 23-25
Telefon 35.54.70 Telex INCOHIDROEN Buc. 244



1968 OKT 1

ISPE

elaborează:

studii de amenajări complexe de sisteme energetice

studii de centrale electrice de condensație și termoficare

studii de rețele complexe de termoficare urbană și industrială

acordă asistență tehnică

pentru stabilirea echipamentului tehnologic la lucrări energetice, execuție și punere în funcțiune

proiectează:

— centrale termoelectrice
— rețele de termoficare

elaborates the studies for:

complex power systems

thermal power plants and combined heat and power plants

district and industrial heating networks

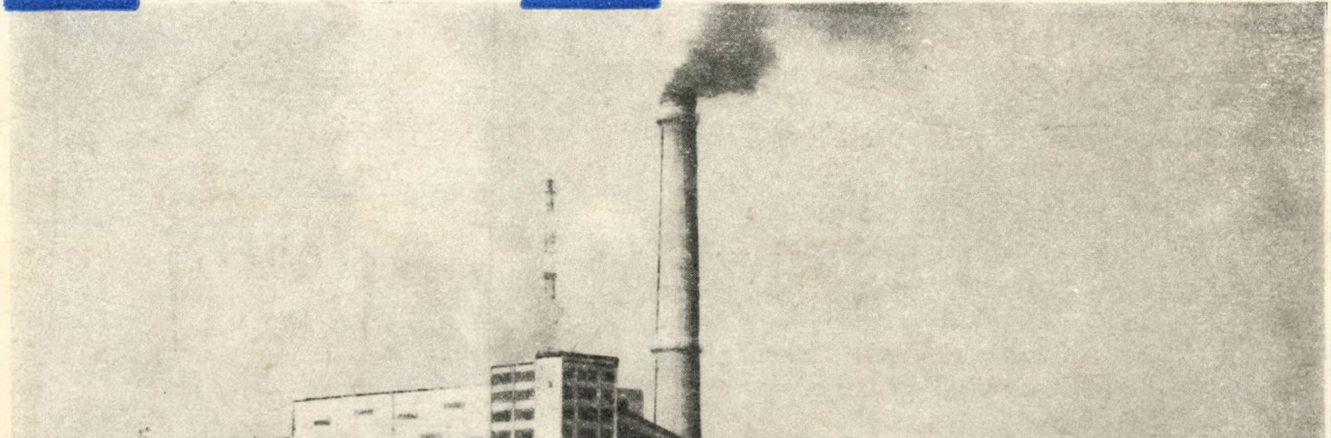
designs

thermal power plants

district and industrial heating networks

gives technical assistance

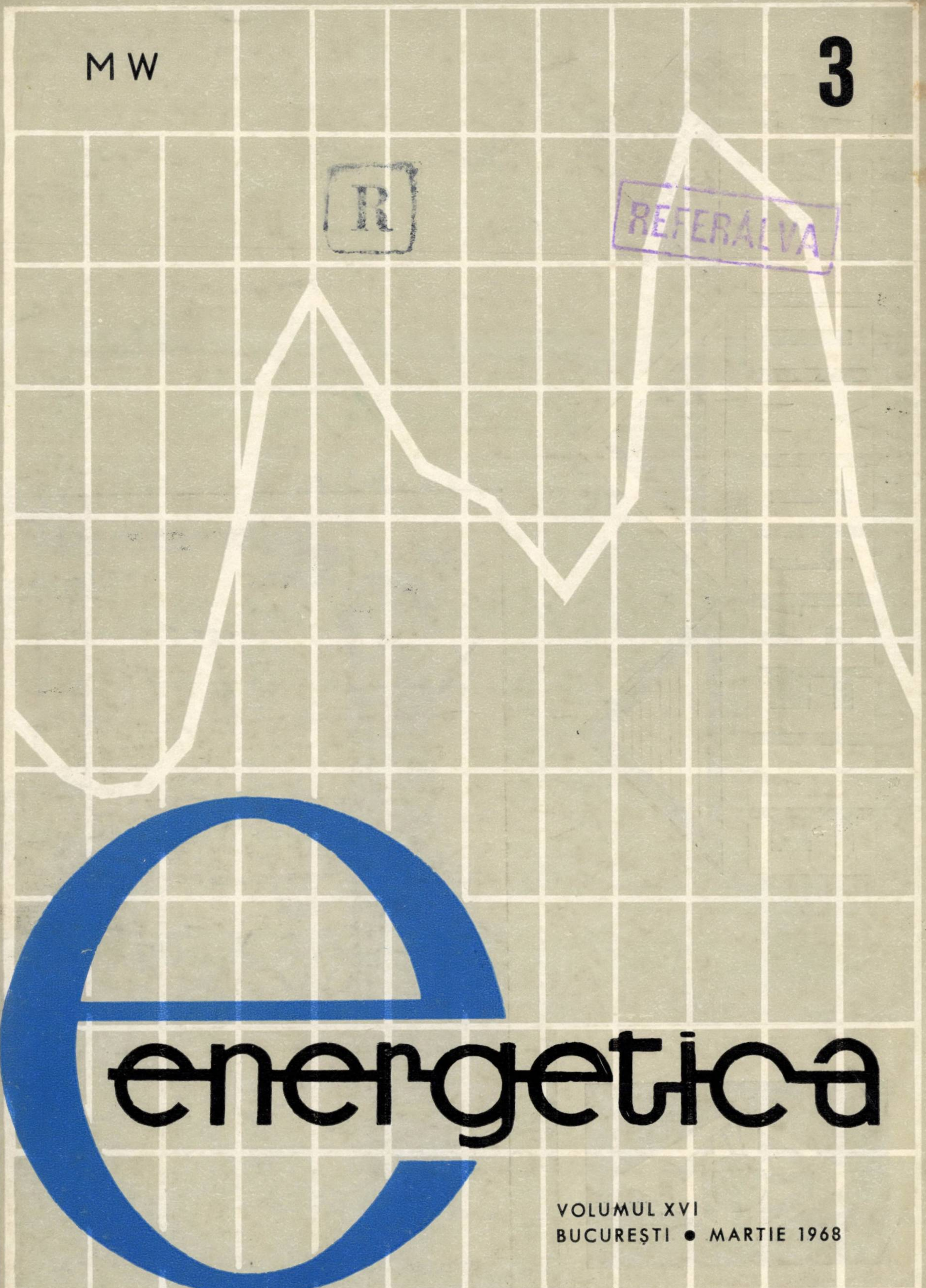
for the erection and starting of power equipment



București, Bd. Republicii nr. 29, Tel. 15 89 60

E 2039

3



R

REFERÁLVA

energetica

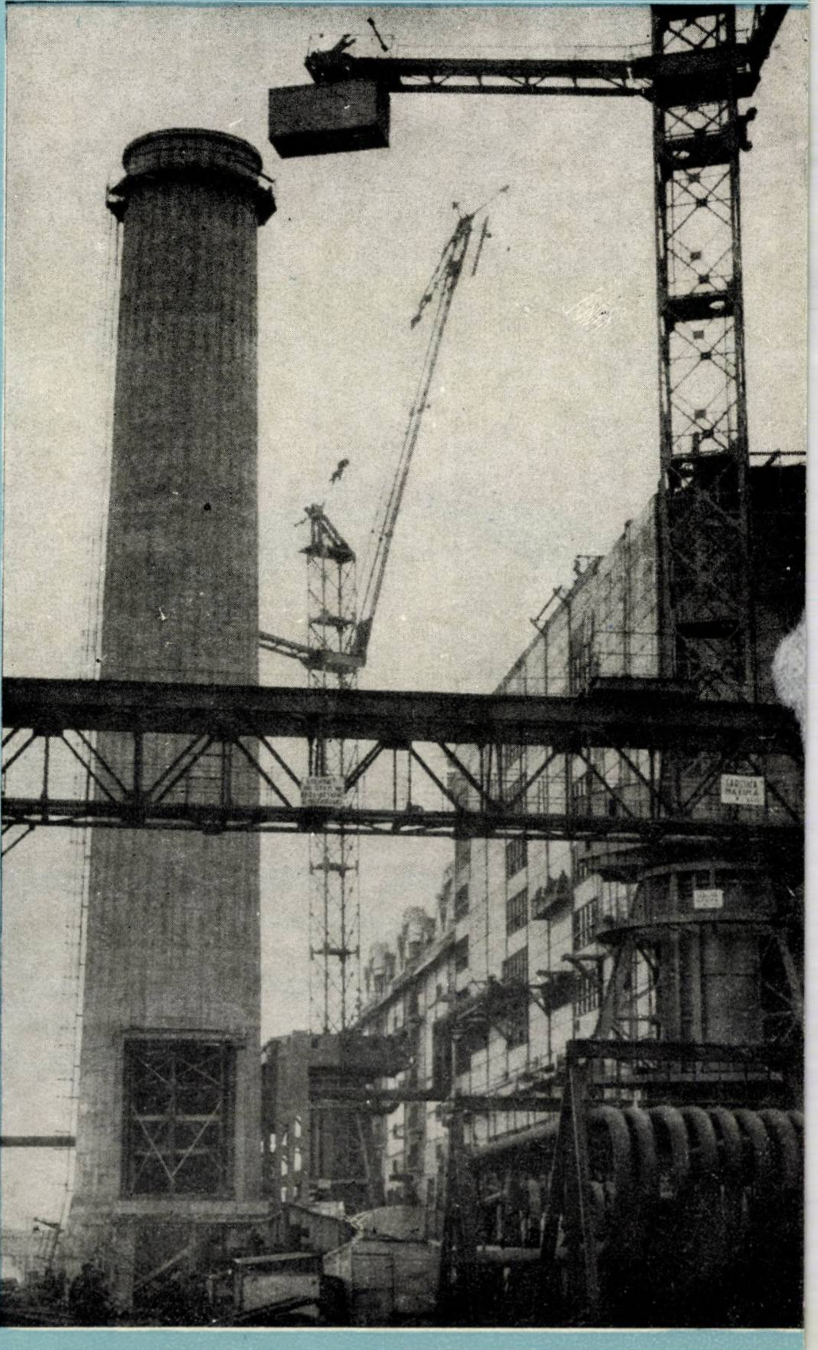
VOLUMUL XVI
BUCUREȘTI • MARTIE 1968

întreprinderea

ENERGOMONTAJ

execută lucrări de montaj:

- Cazane de abur cu parametri ridicați:
  - — 500 t abur/h 215 at, 514°C
  - — 640 t abur/h, 140 at, 570°C
- Turbine cu abur de la 6 MW la 315 MW
- Turbine cu gaze
- Turbine hidraulice de la 5,5 MW la 170 MW
- Compensatoare sincrone
- Instalații termomecanice auxiliare ale centralelor termoelectrice și echipament hidromecanic
- Instalații electrice de joasă, înaltă și foarte înaltă tensiune
- Instalații de măsură, control și automatizare



ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 16 nr. 3 MARTIE

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

Cuprinsul

Pavnotescu, O. şi *Crăciuneanu, C.*: **Influenţa fineţii de măcinare a prafului de cărbune asupra funcţionării cazanelor de 330 t/h** 97 — 103

Borisevici, B.: **Optimizarea reţelelor de aducţiuni secundare la centrale hidroelectrice** 103 — 111

Cristea, V. şi *Căluşeriu, E.*: **Folosirea calculatoarelor electronice pentru studiul reţelelor de aducţiuni secundare la centrale hidroelectrice** 112 — 114

Popa, B.: **Divizoare de tensiune pentru măsurători la încercări experimentale în sistemul energetic** 115 — 121

Pallin, M.: **Necesitatea protejării ignifuge şi anticorosive a cablurilor din staţii şi centrale electrice** 121 — 131

Măcriş, A.: **Teoria jocurilor de strategie. Aplicaţii în probleme de organizare** 131 — 136

Bîrsănescu, V.: **Mecanizarea evidenţei şi calculului în organizaţiile de construcţii şi montaje energetice** 136 — 140

CRONICĂ

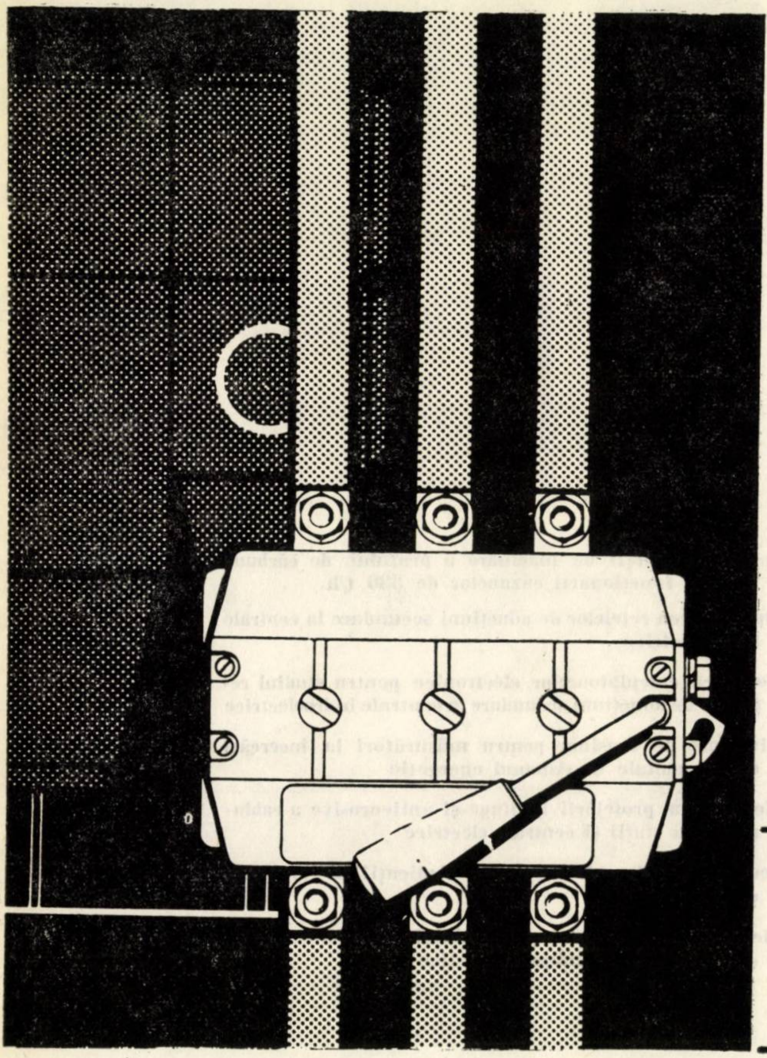
RECENZII

INFORMAŢII TEHNICE

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. ing. I. D. STĂNCESCU, redactor responsabil, ing. G. IORGULESCU redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, ing. ST. BERENGHI, conf. ing. A. COGĂLNICEANU conf. ing. E. CONSTANTINESCU, ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, laureat al Premiului de Stat, ing. H. FURTUNESCU, ing. L. LUCA, ing. B. MARCU, ing. A. MĂCRIŞ, conf. ing. C. MIHĂILEANU, conf. ing. V. NIŢU, ing. A. SPÎNU

OFICIUL DE DOCUMENTARE ŞI PUBLICAŢII TEHNICE
AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE



COMUTATOR SUB SARCINĂ, ÎN CONSTRUCȚIE PLATĂ

La Tîrgul de mostre jubiliar din Leipzig din 1965, primul aparat din noua serie de comutatoare sub sarcină, în construcție plată, tip FLTA 160 A, a fost distins, pentru parametrii săi tehnici excelenți, cu o medalie de aur.
Această serie a fost lărgită cu aparatele cu curenți nominali de 400 A și 630 A. Specialiștii internaționali apreciază în mod deosebit această continuă dezvoltare, deoarece comutatoarele sub sarcină în construcție plată s-au comportat excelent în instalațiile electrotehnice, mai ales în instalațiile de curent alternativ, în instalațiile de comutare și distribuție, ca întrerupătoare principale, și în locurile periculoase.

ELEKTRO-APPARATE-WERKE DER DDR
Fabrica de aparate electrice din Republica Democrată Germană
Informații referitoare la export prin:
Exportkontor Elektroapparate 1134 Berlin-Lichtenberg 4
Kynaststrasse 18—20

im Auftrag des Elektrotechnik
DEUTSCHEN INNEN- UND AUSSENHANDELS

ELEKTRO-APPARATE-WERKE DER DDR

Revista „ENERGETICA“, organ al Ministerului Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R. S. România (CNIT). Redacția: București, Splaiul Independenței nr. 49, Tel. 136683; 130053, Sectorul VI. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament: nr. 058001 B.N.R.S.R.— Sectorul VI. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri lei 30 anual. Prețul unui exemplar lei 5. — Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „Informația“, București — c. 6338

Taxele poștale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.T. nr. 10/1095, 1967

41 401

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1383

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.18 : 662. 87

Павнотеску, О. и *Крэчунеану, К.*: **Влияние тонкости помола угольной пыли на работу котлов 330 тонн/час.**

Приводятся результаты полученные авторами при испытании мельниц на ТЭЦ-Крайова.

Energetica 16 (*1968*), *No. 3, стр.* 97–103

ДК 621.311.21

Борисевич, Б.: **Оптимизация вторичных подводящих сетей на гидроэлектростанциях.**

Устанавливаются общие соотношения размерности вторичных подводящих сетей. Анализируется влияние неодновременности улавливаемых девитов и предлагаются методы расчёта посредством оптимизации на электроной вычислительной машине для главных типов подводящих сетей, гравитационные, смешанные и посредством накачки.

Energetica 16 (*1968*), *No. 3, стр.* 103–111

ДК 621.311.21 : 681.31

Кристя, В. и *Кэлушериу, Е.*: **Применение электронных вычислительных машин в исследованиях вторичных подводящих сетей на гидроэлектростанциях.**

Energetica 16 (*1968*) *No. 3, стр.* 112–114

ДК 621.311.1 : 621.3.08

Попа, В.: **Делители напряжения для измерений при экспериментальных исследованиях в системе.**

Приводится исчисление и испытание в сети отдельных делителей напряжения для произведенных измерений в системе высокого напряжения.

Energetica 16 (*1968*), *No. 3, стр.* 115–121

ДК 621.311 : 620.193

Палтин, М.: **Необходимость противокоррозийной и противовоспламенительной защиты кабедей на электростанциях и подстанциях.**

Приводятся результаты испытания огнестойкости армированных кабелей, применяемых в электроэнергетических установках в стране, а также нового метода для огнестойкости этих проводов.

Energetica 16 (*1968*), *No. 3, стр.* 121–131

Д 331.87

Мэкриш, А.: **Теория стратегических игр. Применения к организационному вопросу.**

Представляется игра на прямоугольной таблице, затем определяются свободные и смешанные стратегии и приводятся критерии выбора оптимального решения. Уточняется поняте уравновешенности в общем. Приводятся применения теории игр стратегии в организационных вопросах.

Eenergetica 16 (*1868*) *No 3, стр.* 131–136

ДК 621.311.2 : 657.002

Бырсэнеску, В.: **Механизация учёта и исчислений в строительно-монтажных энергетических организациях**

Energetica 16 (*1968*) *No, 3, стр.* 136–140

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.18 : 662.87

Pavnotescu, O. und *Crăciuneanu, C.*: **Einfluss der Feinheit der Kohlenstaubkörnung auf das Fahren von 330 t/h Kesseln**

Die Ergebnisse der von den Verfassern unternommenen Versuche mit den Kohlemühlen des Industriekraftwerks Craiova werden dargestellt.

Energetica 16 (*1968*), *H. 3, S.* 97–103

DK 621.311.21

Borisevici, B.: **Bestauslegung des Netzes sekundärer Zuleitungen von Wasserkraftwerken**

Es werden allgemeine Bemessungsgrundsätze für sekundäre Zuleitungen von Wasserkraftwerken erörtert. Der Einfluss der Nichtgleichzeitigkeit gestauter Zuflüsse wird untersucht und Berechnungsverfahren für Bestauslegung der wichtigsten Zuleitungsbautypen (Schwerkraft, für Pumpbetrieb) mit Hilfe elektronischer Rechner vorgeschlagen.

Energetica 16 (*1968*), *H. 3, S.* 103–111

DK 621.311.21 : 681.31

Cristea, V. und *Căluşeriu, E.*: **Anwendung elektronischer Rechner für Planung sekundärer Zuleitungsnetze von Wasserkraftwerken**

Energetica 16 (*1968*) *H. 3, S.* 112–114

DK 621.311.1 :621.3.08

Popa, B.: **Spannungsteiler für Versuchsmassungen in Netzen**

Es werden Berechnung von Spannungsteilern und mit diesen Versuchsweise vorgenommene Hochspannungsmessungen beschrieben.

Energetica 16 (*1968*), *H. 3, S.* 115–121

DK 621.311 : 620.193

Paltin, M.: **Feuer- und Korrosionsschutz von Kabeln in Schaltwarten und Kraftwerken**

Die Ergebnisse von, mit Panzerkabeln, wie sie in inländischen Schaltanlagen verwendet werden, vorgenommenen Versuchen in bezug auf Feuerfestigkeit werden erörtert und ein neues Verfahren vorgeschlagen Kabel feuersicher zu machen.

Energetica 16 (*1968*), *H. 3, S.* 121–131

DK 331.87

Măcriş, A.: **Theorie der Strategiespiele. Anwendung und Organisationsaufgaben**

Es werden das Strategiespiel mittels einer rechteckigen Tabelle darstellt, die Begriffe der eigentlichen und gemischten Strategie bestimmt und die für Auswahl der optimalen Lösung massgeblichen Merkmale erörtert. Der Begriff der allgemeinen Gleichgewichts wird bestimmt. Anschliessend werden einige Anwendungen der Theorie des Strategiespiels für Organisationsfragen angegeben.

Energetica 16 (*1968*), H. 3, *S.* 131–136

DK 621.311.2 : 657.002

Bîrsănescu, V.: **Mechanisierung der Buchhaltung und Kalkulation in den Organisationen für Bau und Montage von Energieanlagen**

Energetica 16 (*1968*), *H. 3, S.* 136–140

SOMMAIRE

CD 621.18 : 662.87

Pavnotescu, O. et *Crăciuneanu, C.* : **L'influence de la finesse de grain du charbon sur le fonctionnement des chaudières à 330 t/h**

Résultats obtenus par les auteurs pendant l'essai des broyeurs de charbon de la centrale thermique Craiova.

Energetica 16 (1968), no. 3, p. 97–103

CD 621.311.21

Borisevici, B. : **L'optimisation des réseaux d'adduction secondaire des centrales hydro-électriques**

On établit des relations générales de dimenssionnement des réseaux d'adduction secondaire. On examine ensuite l'influence de la non-simultanéité des débits captés et on propose des méthodes de calcul, par optimisation, à l'aide d'un calculateur électronique, pour les principaux types de réseaux d'adduction : chute libre, mixtes et pompages.

Energetica 16 (1968) no. 3, p. 103–111

CD 621.311.21 :681.31

Cristea, V. et *Căluşeriu, E.* : **L'emploi de calculateurs électroniques pour l'étude des réseaux d'adduction secondaire des centrales hydro-électriques**

Energetica 16 (1968), no. 3, p. 112–114

CD 621.311.1 : 681.3.08

Popa B. : **Diviseurs de tension pour mesures dans les essais expérimentaux du réseau**

Calcul et essai de diviseurs de tension employés pour de mesures effectuées dans le réseau sous haute tension.

Energetica 16 (1968), no. 3, p. 115–121

CD 621.311 :620.193

Paltin, M. : **Protection ignifuge et anticorrosive des câbles dans les postes et les centrales électriques**

Les résultats des essais de la résistance à l'incendie des cables armés utilisés dans les installations électriques roumaines et ceux donnés par une nouvelle méthode de traitement ignifuge de ces câbles.

Energetica 16 (1968) no. 3, p. 121–131

CD 331.87

Măcriş, A. : **La théorie des jeux de stratégie. Applications aux problèmes d'organisation**

Le jeu est présenté sur un tableau rectangulaire, et on définit ensuite les stratégies pures ou mêlées tout en exposant les critères du choix de la solution optimum. On définit la notion d'équilibre en général. L'auteur continue par quelques applications de la théorie des jeux de stratégie dans les problèmes d'organisation.

Energetica 16 (1968) no. 3, p. 131–136

CD 621.311.2 : 657.002

Bîrsănescu, V.: **La mécanisation de l'évidence et du calcul dans les entreprises de constructions et de montages électriques**

Energetica 16 (1968) no. 3, p. 136–140

CONTENTS

DC 621.18 : 662.87

Pavnotescu, O. and *Crăciuneanu, C.* : **Influence of coal grinding finess on operation of 330 t/h boilers**

Here are some results obtained by the authors during trial runs of Craiova power station coal grinders.

Energetica 16 (1968), nr. 3, p. 97–103

DC 621.311.21

Borisevici, B. : **The optimization of secondary water delivery systems of hydro-electric power stations**

The author sets general relations for dimensioning secondary water delivery systems. He examines the influence of the non-simultaneity of catched flows and proposes methods of calculation, by optimization, on an electronic computer, for the main types of delivery systems : by gravity, mixed and pumping.

Energetica 16 (1968), nr. 3, p. 103–111

DC 621.311.21 :681.31

Cristea, V. and *Căluşeriu, E.* : **The utilization of electronic computers for studying secondary water delivery systems of hydro-electric power stations**

Energetica 16 (1968), nr. 3, p. 112–114

DC 621.311.1 :621.3.08

Popa, B. : **Voltage dividers for experimental measurements in the system**

Calculation and testing of voltage dividers used for measurements made in a h.v. system.

Energetica 16 (1968), nr. 3, p. 115–121

DC 621.311 :620.193

Paltin, M. : **Fireproof and corrosionproof protection for cables laid in power stations and in substations**

The results of tests made to experiment the fire resistance of armoured cables used in Romanian electrical installations and those of a new method of cable ignifugation.

Energetica 16 (1968), nr. 3, p. 121–131

DC 331.87

Măcriş, A. : **The theory of strategy games. Applications to organizatory problems**

The game is presented on a rectangular table ; pure or mixed strategies are defined followed by a presentation of the selection criteria for the optimal solution. A general definition of the notion of balance is given as well as several applications of the theory of strategic games in organizational problems.

Energetica 16 (1968), nr. 3, p. 131–136

DC 621.311.2 : 657.002

Bîrsănescu, V.: **The mechanization of book keeping and calculations for the building and erection power projects**

Energetica 16 (1968), nr. 3, p. 136–140

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL
AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 16 Nr. 3 MARTIE

Influenţa fineţii de măcinare a prafului de cărbune asupra funcţionării cazanelor de 330t/h

Ing. O. Pavnotescu şi ing. C. Crăciuneanu *)

Cu ocazia unor probe pentru determinarea consumului specific de căldură la un bloc de 100 MW de fabricaţie R.S.C., s-a verificat şi influenţa pe care o are poziţia clapelor separatorului morilor de praf de cărbune asupra fineţii de măcinare. Cazanul pe care s-au efectuat probele are un debit maxim de abur de 330 t/h, la 138 ata şi 570°C. Agregatul are şi un supraîncălzitor intermediar de 34 ata şi 540°C.

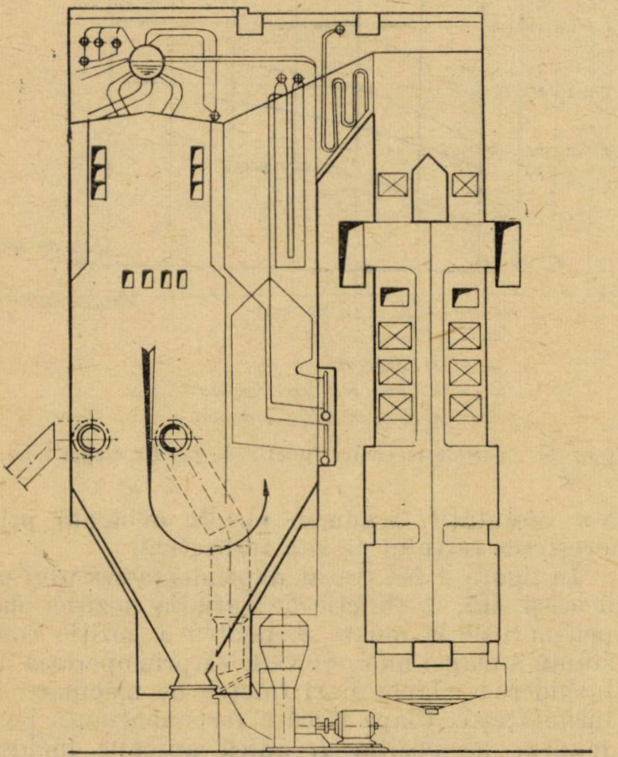


Fig. 1. Cazanul la care s-au făcut probele.

Cazanul este echipat cu şase mori-ventilator, fiecare avînd un debit de 34 t/h cărbune, care alimentează cele patru grupuri de arzătoare instalate în apropierea colţurilor focarului la partea de sus a acestuia. În aceste condiţii, în timpul arderii, amestecul gaze-praf de cărbune străbate focarul de sus în jos. La partea inferioară a focarului, deasupra pîlniei de zgură (şi a zonei de întoarcere a gazelor spre canalul al doilea) se află ambrazurile de aspiraţie a gazelor de ardere, necesare pentru uscarea cărbunelui în mori. Gazele de ardere se aspiră la temperatura de circa 950°C (fig. 1).

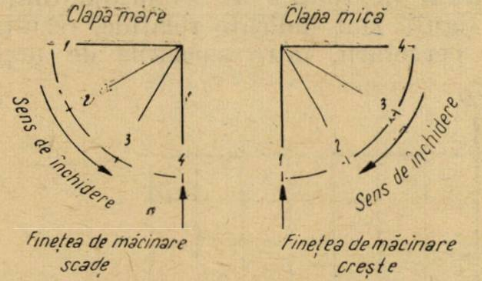


Fig. 2. Poziţia clapelor separatorului morii cu sensul de ameliorare a fineţii.

Cazanul este prevăzut şi cu patru arzătoare de gaze, instalate sub arzătoarele de cărbune, şi poate funcţiona, conform recomandărilor furnizorului, cu ardere mixtă cărbune-gaze (maximum 30% gaze). Pentru funcţionarea numai cu cărbune pulverizat sînt prevăzute patru arzătoare de gaze cu debit mic, pentru stabilizarea arderii cărbunelui inferior ($Q_i = 1400-1800$ kcal/kg).

Reglarea fineţii de măcinare pentru fiecare moară se realizează cu ajutorul a două clape de dimensiuni diferite, montate în zona de ieşire a amestecului gaze-praf din moară. În figura 2 se reprezintă schematic caracteristi-

---

*) O. Pavnotescu şi C. Crăciuneanu sînt ingineri la Întreprinderea pentru raţionalizarea şi modernizarea instalaţiilor energetice.

cile geometrice ale canalului de ieşire din moară, prevăzut cu cele două clape. Fiecare clapă este acţionată din exterior prin intermediul unui sector dinţat de 90°.

Furnizorul nu a precizat relaţia dintre poziţiile clapelor separatorului şi fineţea de măcinare a prafului. În exploatare s-au constatat pierderi ridicate prin ardere mecanic incompletă şi o variaţie a acestora legată de uzura morilor.

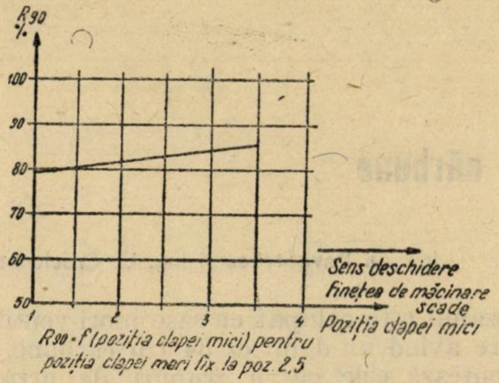


Fig. 3. Restul pe sita de 90 microni funcţie de poziţia clapei mici.

Întrucît indicaţiile existente în documentaţia morilor, aşa cum erau formulate, permiteau o interpretare echivocă, s-au executat o serie de încercări în scopul precizării modului de folosire a clapelor de reglaj. Pentru aceasta, sectoarele dinţate ale fiecărei clape au fost divizate în părţi egale şi notate ca în figura 2. Ca reper s-a considerat verticala care trece prin axul de rotaţie al sectorului dinţat.

În figură sînt indicate relaţiile, rezultate în urma cercetării, între sensurile de deplasare

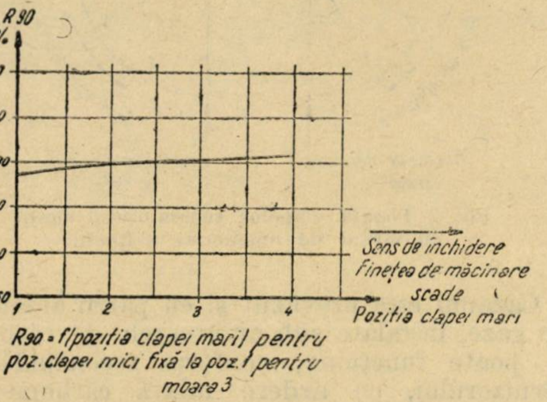


Fig. 4. Restul pe sita de 90 microni funcţie de poziţia clapei mari.

a sectoarelor şi sensurile de închidere-deschidere a clapelor şi, respectiv, tendinţa de îmbunătăţire sau înrăutăţire a fineţii de măcinare. Pentru simplificare, dacă se împart pe fiecare clapă efectele produse de poziţiile lor, se pot spune următoarele : clapa mică, aşezată în drumul amestecului de gaze-particule, reduce energia cinetică a acestora din urmă, schimbîndu-le şi sensul de mişcare, iar clapa mare, aşezată într-o poziţie convenabilă, le conduce pe cele mari înapoi în moară, în timp ce particulele mici sînt antrenate din nou de curentul de gaze, spre canalul arzătoarelor. Evident, efectul însumat al celor două clape este mai complex, determinînd valoarea efectivă a coeficientului de recirculaţie a prafului în moară.

În timpul probelor, cazanul a funcţionat cu patru mori (*1*, *2*, *3*, *4*), introducîndu-se concomitent şi o anumită cantitate de combustibil gazos (circa 25%).

În figura 3 s-a pus în evidenţă dependenţa resturilor pe sita de 90 microni (R_{90}), în funcţie de variaţia poziţiei clapei mici de la moara *3*, pentru o anumită poziţie fixă a clapei mari. Clapa mare s-a menţinut în poziţia 2,5 (adică deschisă pe jumătate). Se vede că, prin mişcarea în sensul pozitiv al axei absciselor, clapa mică deschizîndu-se treptat, fineţea de măcinare

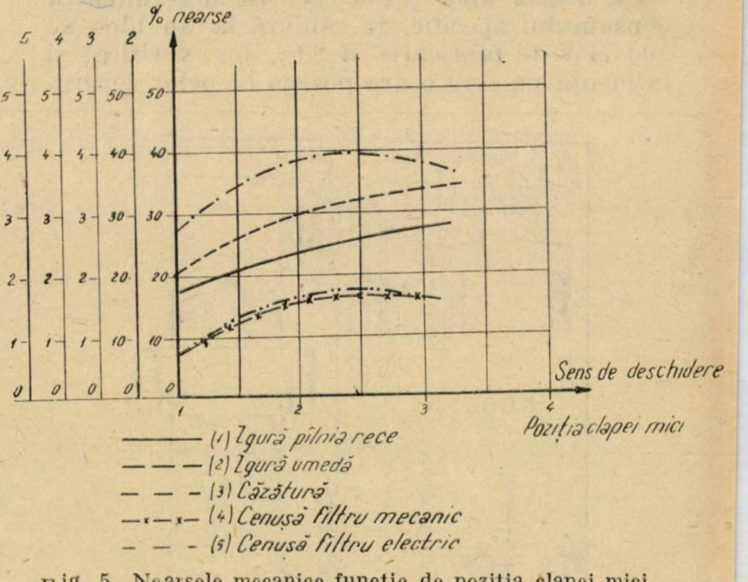


Fig. 5. Nearsele mecanice funcţie de poziţia clapei mici.

s-a înrăutăţit, fenomen pus în evidenţă prin creşterea restului pe sita respectivă.

În figura 4 s-a trasat dependenţa restului pe aceeaşi sită, în funcţie de variaţia poziţiei clapei mari de la moara *3*, pentru o poziţie constantă a clapei mici. Se vede că prin operaţia de închidere a clapei mari fineţea de măcinare se înrăutăţeşte. Clapa mică a fost menţinută permanent pe poziţia *1*, adică aproape închisă complet (deschis 1/8).

Efecte calitativ similare s-au obţinut şi la celelalte mori.

Rezultatele obţinute s-au reflectat şi asupra conţinutului de nearse şi randamentului cazanului.

În figurile 5 şi 6 s-au trasat curbele de variaţie a nearselor în zgură, căzătură şi cenuşă, în funcţie de : variaţia poziţiei clapei mici, atunci cînd clapa mare s-a menţinut fixă (fig.5), și de variația poziției clapei mari, atunci cînd nu a fost modificată poziția clapei mici (fig. 6). Nearsele conținute în zgura din pîlnia focarului au fost determinate după două moduri de prelevare a probelor : 1) direct din pîlnie, prin cădere liberă în vasul de prelevare (zgură din pîlnia rece) și 2) din bazinul cu apă al instalației de concasare și evacuare a zgurei. Diferența obținută prin cele două procedee provine probabil din faptul că în al doilea caz probele au conținut mai mult praf plutitor, mai bogat în cocs. Procedeul de prelevare direct din pîlnia focarului este deci superior ca precizie, cu condiția ca particulele de zgură căzute în vasul de probă să fie răcite imediat și stinse. Graficele din figurile 5 și 6 confirmă presupunerea.

Curbele *1* și *2* (pentru zgură) indică o creștere continuă a nearselor cu scăderea fineții de măcinare. Nearsele conținute în cenușă se comportă ca și cum fenomenul ar prezenta o zonă de saturație pentru clapa mică și o zonă optimă pentru clapa mare. Fenomenul nu se consideră clarificat. Va putea fi studiat mai amănunțit cu ocazia unor probe de mai lungă durată. Se observă totuși că, dată fiind valoarea foarte redusă a acestor pierderi, abaterea randamentului cazanului, ca urmare a neclarificării complete a acestui fenomen, nu este mai mare de circa 1%.

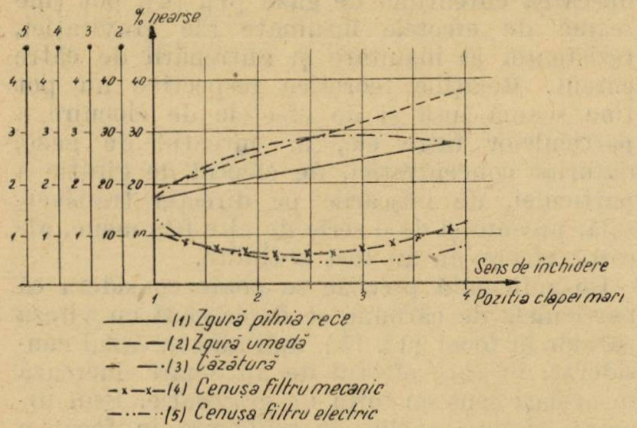


Fig. 6. Nearsele mecanice funcție de poziția clapei mari.

Pentru a încheia, în figurile 7 și 8 au fost trasate graficele de variație a randamentului brut al cazanului (η_t) și a randamentului arderii (η_{ard}), în funcție de pozițiile clapelor, atunci cînd una din clape se deplasează și cealaltă se menține în poziție fixă. Randamentul scade cu creșterea granulației. Este important de reținut că variația randamentului total depinde în principal de variația randamentului arderii, diferența între cele două randamente fiind aproape constantă. Rezultă importanța pe care o are finețea de măcinare a prafului, de care depinde direct randamentul arderii.

În general, în exploatare nu se acordă atenția cuvenită menținerii în tot timpul funcționării a fineții de măcinare corespunzătoare. O înrăutățire a acesteia, care poate trece neobservată, dacă nu se fac probe periodice și nu se urmărește cu atenție și pricepere funcționarea morilor, înrăutățește consumul specific.

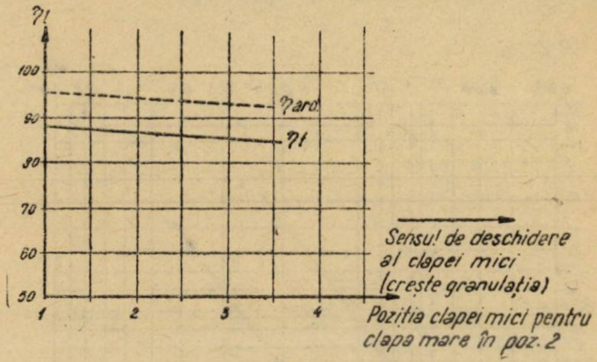


Fig. 7. Randamentul cazanului funcție de poziția clapei mici, pentru clapa mare pe poz. *2*.

Pentru a pune în evidență influența separatorului, pe întreg domeniul său de reglare, asupra fineții de măcinare, și, implicit, asupra randamentului cazanului, s-a făcut analiza comparativă a rezultatelor pentru două situații concrete de funcționare a morilor. Întrucît, din motive practice, cele două situații considerate nu au putut fi delimitate complet în timpul încercărilor, pentru punerea în evidență a fost necesar să se studieze teoretic procesul din focar. În final, rezultatele teoretice se vor compara cu rezultatele măsurătorilor. Diferența mică dintre valorile găsite atestă justețea ipotezelor de calcul. În consecință, s-au luat în considerație analizele granulometrice ale prafului de cărbune produs de două din cele patru mori în funcțiune, și anume morile *2* și *3*, pentru una din încercările făcute.

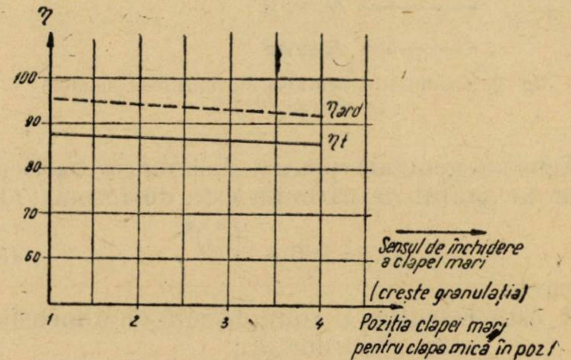


Fig. 8. Randamentul cazanului funcție de poziția clapei mari, pentru clapa mică pe poz. *1*.

Finețea de măcinare a celorlalte două mori în funcțiune este inclusă aproximativ în aceste două cazuri, moara *1* găsindu-se într-o situație apropiată de moara *3*, iar moara *4* de moara *2*.

Rezultatele analizelor granulometrice pentru cele două mori considerate sînt prezente în diagrama Rosin-Rammler-Sperling.

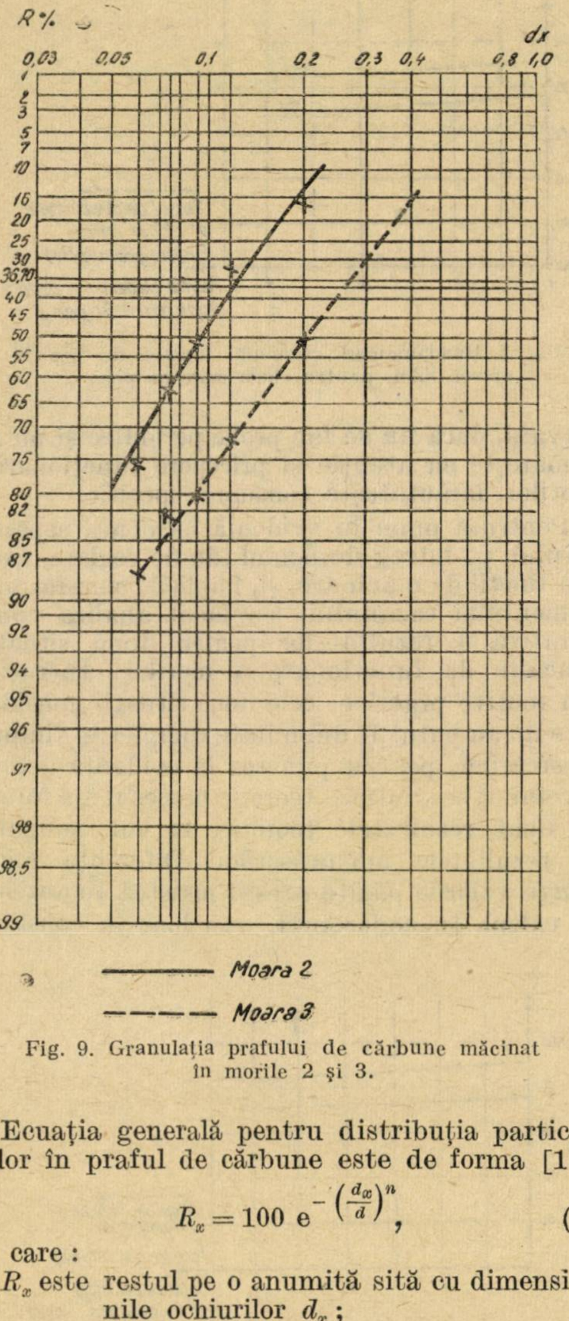


Fig. 9. Granulația prafului de cărbune măcinat în morile 2 și 3.

Ecuația generală pentru distribuția particulelor în praful de cărbune este de forma [1]:

$$R_x = 100\ e^{-\left(\frac{d_x}{d}\right)^n}, \qquad (1)$$

în care:

R_x este restul pe o anumită sită cu dimensiunile ochiurilor d_x;
e — baza logaritmilor naturali;
d_x — diametrul unei particule de cărbune;
d — diametrul particulelor corespunzătoare restului de 36,8%;
n — coeficientul de uniformitate a prafului.

În sistemul de coordonare considerat, ecuația (1) reprezintă o dreaptă înclinată față cu axa absciselor, cu un unghi α, pentru care tg $\alpha = n$.

Diametrul particulei notat cu d, corespunzător restului pe sită egal cu 36,8%, considerat diametru caracteristic, a fost determinat pentru fiecare dintre cele două cazuri considerate, din caracteristicile trasate în figura 9.

Restul R_x poate fi determinat și în raport cu alte valori caracteristice, de exemplu restul pe sita R_{88}, ca în [2] etc.

Particulele de cărbune, introduse prin arzătoare (fig. 1), se aprind după ce au atins temperatura de aprindere și parcurg, arzînd toată lungimea camerei focarului în curentul de gaze dirijat de sus în jos. În anumite condiții date, de temperatură, conținut de oxigen în gazele din focar etc., arderea unei particule de cărbune de anumite dimensiuni este funcție de timpul de rezidență în focar.

Relațiile teoretice de determinare a timpului de rezidență a particulei în focar, în funcție de caracteristicile fizice și geometrice ale ei și de mișcarea curentului de gaze [3], [4], pot ține seamă de efectele însumate ale gravitației, rezistenței la înaintare și antrenării de către curent. Relațiile teoretice respective nu pot ține seamă însă și de efectele de ciocnire a particulelor între ele, în curentul de gaze, datorită concentrației, de efectul de girație a particulei, de mișcările pe direcția transversală, precum și de o serie de alte fenomene, ale căror efecte nu au fost stabilite.

Cu suficientă precizie se poate considera că particulele de cărbune se deplasează cu viteza gazelor în focar [1], [5], mai ales în cazul considerat, în care efectul de antrenare lucrează în același sens cu forța de gravitație. Prin urmare, timpul mediu de rezidență în focar a particulelor de cărbune este egal cu:

$$t_r = \frac{V_f}{D_g}\quad [\mathrm{s}], \qquad (2)$$

în care

D_g este debitul de gaze de ardere la excesul de aer din focar, m³/s;
V_f — volumul focarului, m³.

S-a calculat în continuare timpul de ardere pentru mai multe diametre ale particulelor de cărbune. În [4], după diverși autori, se dau 13 relații pentru determinarea timpului de ardere.

După o serie de încercări s-au ales relațiile propuse de Gumz [5] și cele propuse de Ledinegg [1], acestea conducînd la rezultatele cele mai concludente.

După Gumz, timpul de ardere în secunde pentru o particulă de cărbune este dat de relația:

$$t = 172{,}4 \cdot 10^6 \frac{\gamma_0 \cdot \nu^{0,15} \cdot r^{1,85}}{T\,(w^{0,15})_m} \cdot f(\alpha)\left(1 - \frac{V}{100}\right) \times$$

$$\times \frac{1}{1 - \frac{x}{\alpha}}\,\xi^{-0,383} \cdot f_w \xi, \qquad (3)$$

în care

γ_0 este greutatea specifică inițială a combustibilului, kgf/m³;

ν — viscozitatea cinematică a gazului purtător, m³/s;

T — temperatura absolută, în °K, a gazului purtător (temperatura medie din focar);

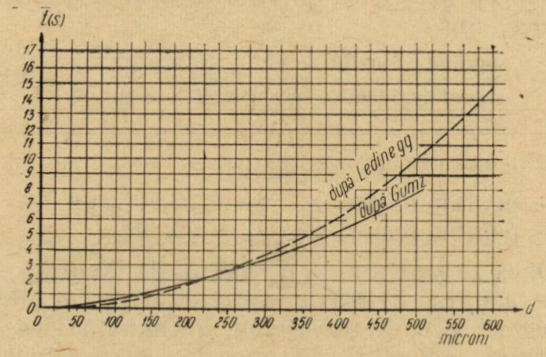


Fig. 10. Timpul de ardere a particulelor de cărbune.

s-a determinat ținînd seamă de lucrările lui Knorre [6];

r — raza particulei, m;

w_s — viteza de plutire, m/s;

$f(\alpha)$ — factor care ține seamă de influența excesului de aer din focar și care se găsește în tabela dată de autor;

V — procentul de materii volatile din combustibil;

x — procentul de oxigen necesar combustiei volatilelor, raportat la oxigenul total necesar combustiei;

ξ — coeficientul de umflare a particulei;

$f_{w\xi}$ — factor de corecție a vitezei de plutire, ținînd seamă de variația greutății datorită conținutului de materii volatile și umflării (caracterizată prin coeficientul ξ).

După Ledinegg, timpul de ardere, în secunde, pentru particule de diametru d_x este dat de relația:

$$t = \frac{9{,}2\cdot 10^6\cdot d_x^2\cdot\gamma K\cdot f}{T\left[0{,}14+\dfrac{(\alpha-1)L_{min}0{,}21}{V_g}\right]}, \tag{4}$$

în care

d_x este diametrul inițial al particulei;

K — greutatea specifică inițială a cărbunelui, kgf/m³;

T — temperatura medie din focar, °K;

α — excesul de aer în focar;

L_{min} — cantitatea teoretică de aer necesar arderii, Nm³/kg;

V_g — cantitatea totală de gaze de ardere dezvoltată, Nm³/kgf;

f — factor care ține seamă de influența materiilor volatile.

În figura 10 s-a trasat, după cele două relații considerate, în funcție de diametrele particulelor, variația timpului de ardere pentru lignitul de Rovinari, folosit în timpul încercărilor.

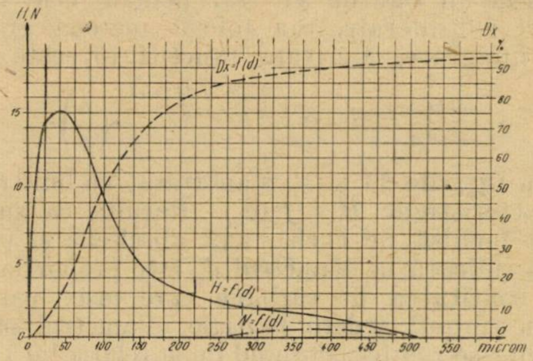


Fig. 11. Trecerea prin site D_x, derivata H a trecerii și derivata redusă N, pentru moara 2.

Coeficientul de umflare a cărbunilor a fost considerat după rezultatele cercetărilor făcute în cadrul Institutului de energetică al Academiei R.S. România de ing. I. Carabogdan.

Cele două caracteristici sînt foarte apropiate pentru particulele cu diametre sub 200 — 300 microni. Pentru timpul de rezidență mediu, calculat cu formula (2), de 2,85 s, după cele două caracteristici (fig. 10), se găsește aproape prin coincidență diametrul maxim al particulelor care ard complet, $d_0 = 0{,}266$ mm. Re-

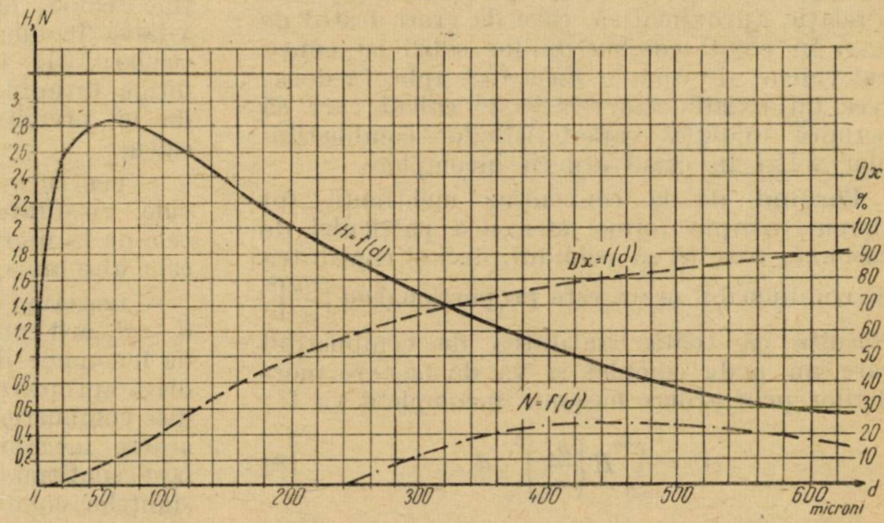


Fig. 12. Trecerea prin site D_x, derivata H a trecerii și derivata redusă N, pentru moara 3.

zultă că, teoretic, toate particulele de cărbune cu $d_x < d_0$ vor arde complet; restul vor arde parţial.

Pentru a se determina cantitatea de cărbune care, conform analizei granulometrice, se compune din particule cu diametrul superior valorii de 0,266 mm, s-a pornit de la relaţia trecerii prin site:

$$D_x = 100 - R_x = 100\,(1 - e^{-\left(\frac{d_x}{d}\right)^n}). \qquad (5)$$

În coordonate D_x şi d_x, funcţia este reprezentată în figurile 11, 12, pentru cele două mori considerate. S-a folosit metoda grafică de integrare. Derivata funcţiei (5) este:

$$\frac{d\,(D_x)}{d\,(d_x)} = H = e^{-\left(\frac{d_x}{d}\right)^n} \cdot \left(\frac{d_x}{d}\right)^{n-1} \cdot \left(\frac{n}{d}\right). \qquad (6)$$

În figurile 11 şi 12 s-au trasat cu linie plină caracteristicile $H = f\,(d_x)$. Rezultă că suprafaţa închisă de curbă, axa absciselor şi verticala ridicată la diametrul d_0 este proporţională cu cantitatea de cărbune care arde parţial.

În timpul arderii parţiale, diametrul particulelor se reduce. Pornind de la relaţia lui Ledinegg [1], rezultă că, după timpul $t_r = 2{,}85$ s, diametrul particulelor mai mare decît d_0, devine:

$$d_K = \sqrt{d_x^2 - d_0^2}\,. \qquad (7)$$

Relaţia rămîne valabilă în acest caz chiar dacă ea face abstracţie de volumul cenuşii din combustibil, deoarece se menţin ipotezele admise de autor şi la relaţia care a servit pentru determinarea diametrului d_0. Relaţia (7) este o relaţie aproximativă, care dă erori destul de mari în cazul combustibililor solizi cu conţinut ridicat de cenuşă. Ea a fost aplicată deoarece nu există alte relaţii de calcul care să permită evoluţia caracteristicilor combustibililor solizi în cazul arderii incomplete.

Pornind de la convenţia, menţinută tot timpul, asupra formei sferice a particulei de cărbune, rezultă că volumul, deci şi cantitatea de combustibil nears, este proporţional cu $\left(\frac{d_K}{d_x}\right)^3$. Rezultă că toată cantitatea de combustibil care nu arde complet şi va da naştere pierderilor prin ardere mecanic incompletă va fi:

$$U = \int_0^{d_x} H \left(\frac{d_K}{d_x}\right)^3 \cdot d_x. \qquad (8)$$

Relaţia (8) nu poate ţine seamă de imperfecţiunea arderii în zonele de stagnare sau în zonele reci ale focarului şi ca urmare rezultatele obţinute pe cale teoretică vor fi mai mici decît cele reale.

Derivata relaţiei (8), $\mathrm{d}U = H \left(\frac{d_K}{d_x}\right)^3 d_x = N$, s-a reprezentat grafic, ca funcţie N (cu linie-punct-linie) în figurile 11 şi 12. Ea a fost calculată reducînd valorile H cu raportul $\left(\frac{d_K}{d_x}\right)^3$. Suprafaţa mărginită de curba $\mathrm{d}U$ şi axa absciselor reprezintă integrala funcţiei $\mathrm{d}U$ şi este proporţională, la scara respectivă, cu cantitatea de cărbune care nu arde şi va fi găsit în zgură, cenuşă, căzătură.

Procentual, deci, pierderile prin nearse mecanice sînt:

$$q_3 = \frac{\text{suprafaţa închisă de curba } N \times \text{scara}}{\text{suprafaţa închisă de curba } H \times \text{scara}} \times 100\,\%. \qquad (9)$$

Din calcule a rezultat:

— pentru moara 3, $q_4 = 12{,}70\,\%$;
— pentru moara 2, $q_4 = 2{,}30\,\%$.

Dacă se ţine seamă de afirmaţia făcută anterior asupra grupării aproximative în două categorii a caracteristicilor granulometrice ale prafului colectat de la cele patru mori (*1* cu *3* şi *2* cu *4*), rezultă pierderile medii prin ardere mecanic incompletă, calculate:

$$q_4^t = \frac{12{,}70 + 2{,}43}{2} = 7{,}5\,\%.$$

Pierderile prin ardere mecanic incompletă au fost determinate şi direct după probele colectate de zgură, căzătură şi cenuşă. Valoarea este $q_4 = 9{,}15\,\%$.

Diferenţa între valoarea determinată experimental şi valoarea dedusă teoretic, de circa 1,6%, se datoreşte următoarelor:

— în calculul teoretic prezentat nu s-a putut ţine seamă, fără îndoială, de toată complexitatea fenomenelor reale din cazan, de particularităţile specifice agregatului şi de condiţiile întîmplătoare care, împreună, se abat de la premisele simplificate considerate în calcul;

— pentru morile *1* şi *4* nu s-au efectuat calcule, rezultatele considerîndu-se identice cu cele de la morile analizate (*1* şi *3*), ceea ce nu este absolut exact;

— teoretic s-a admis că particulele cu $d_x < d_0$ ard complet. Se poate imagina o serie de fenomene de aglomerare, de răcire în imediata apropiere a ecranelor etc., care să împiedice combustia completă. Rezultă pierderi prin ardere mecanic imcompletă reale mai mari, fapt confirmat probabil şi de prezenţa substanţelor combustibile în cenuşa fină a electrofiltrelor.

Cu toate aceste precizări, se observă că prin simpla înrăutăţire a măcinării practic posibilă la acelaşi tip de moară (morile *2* şi *3* sînt identice) pierderile prin ardere mecanic incompletă pot creşte de la 2,30% la 12,70%. Corespunzător poate scădea randamentul agregatului. Rezultă importanţa care trebuie dată măcinării în exploatarea cazanelor funcţionînd pe cărbune pulverizat. De aceea se consideră necesar ca :

1. La punerea în funcţiune să se stabilească cu furnizorul, pe bază de încercări, caracteristicile de măcinare ale tipului de mori, cu stabilirea poziţiei optime şi sensului precis de mişcare a clapelor de reglare a fineţii de măcinare.

2. Pe baza experienţei de exploatare şi prin încercări periodice să se verifice timpul mediu după care trebuie înlocuite paletele sau blindajul, ca urmare a uzurii.

3. Atunci cînd, datorită uzurii sau unui reglaj necorespunzător al separatorului, fineţea s-a înrăutăţit simţitor, în procesul de ardere apar pierderi cu totul nejustificate.

În scopul folosirii corespunzătoare a separatorului, cu ajutorul căruia se poate compensa pînă la un anumit moment influenţa uzurii treptate a morii, se recomandă ca acesta să fie folosit pentru reglarea pe parcurs a fineţii de măcinare.

4. În timpul exploatării să se efectueze probe de fineţe de măcinare (periodice) la fiecare moară, cu operarea unei evidenţe corecte Interpretarea rezultatelor se va face în corelaţie cu rezultatele probelor de ardere mecanic incompletă. Pentru aceasta, fiecare centrală trebuie să aibă dispozitivele necesare prelevării probelor reprezentative de praf de cărbune, zgură şi cenuşă.

Bibliografie

[1] Ledinegg, M. *Bestimmungsgrössen für die Brennkammerbelastung bei Kohlenstaub.* Öl und Gasfeuerungen Mitt. V.G.B. 1965, august, caiet 97, p. 251—266.

[2] Romadin, V. P. *Prepararea prafului de cărbune,* vol. I şi II. Editura energetică de stat, 1955.

[3] Fritsch, H. W. *Dimensionlose Kennzahlen der Gemischbildung in Brennkammern.* Energie 1958, nr. 5 şi 8 ; Energie 1959, nr. 4 şi 8 ; Energie 1960, nr. 4 şi 5.

[4] Effenberger, H. *Verbrennung von Kohlenstaub.* Energietechnik febr. 1963, p. 85—88 ; martie 1963, p. 125—129.

[5] Gumz, W. *Kurzes Handbuch der Brennstoff und Feuerungstechnik.* Springer-Verlag, 1942.

[6] Knorre, G. F. *Procese de ardere în focare.* Editura energetică de stat, 1955.

(Articol intrat in redacţie la 20 iunie 1967)

Optimizarea reţelelor de aducţiuni secundare la centrale hidroelectrice

Ing. **B. Borisevici** *)

Derivaţiile secundare constituie acele lucrăridin complexul unei amenajări hidroenergetice prin care se realizează captarea cursurilor de apă din bazinele de recepţie învecinate amenajării principale şi aducerea stocului captat la acumularea sau la derivaţia principală, obţinîndu-se următoarele avantaje energetice :

— concentrarea debitelor şi drept urmare mărirea substanţială a puterii instalate şi a producţiei de energie ;

— utilizarea eficientă a unui potenţial hidroenergetic care nu poate fi valorificat tehnic şi economic în alte condiţii :

— obţinerea unei energii de calitate superioară, direct sau prin transformare hidraulică (pompaj).

În ţara noastră, acest principiu modern de concentrare a debitelor în centrale de mare putere a fost adoptat la centrala hidroelectrică Argeş, de 220 MW, în funcţiune (30 km aducţiuni secundare, 7 captări şi un lac de compensare sezonieră), la centrala hidroelectrică Lotru de 500 MW, în curs de execuţie (125 km aducţiuni secundare, 86 captări, 4 lacuri de compensare zilnică şi sezonieră, 3 staţii de pompare), şi la centralele hidroelectrice în perspectivă de pe rîurile Sebeş, Someş şi altele.

La amenajările de mare cădere, derivaţiile secundare contribuie la asigurarea puterii şi energiei de multe ori cu o cotă mai mare decît amenajarea principală.

În astfel de cazuri devin interesante, din punct de vedere energetic, cursurile de apă cu bazine mici de 1—2 km², iar reţeaua de aducţiuni secundare se complică şi se extinde la lungimi de ordinul sutelor de km.

Explorarea tuturor resurselor de debit, stabilirea schemelor optime şi dimensionarea reţelelor de aducţiuni şi captări secundare constituie probleme complicate ale calculului tehnico-economic, în care trebuie să se ţină seamă de numeroşi factori de ordin hidrologic, topografic, hidraulic, energetic, constructiv.

I. Criteriul de comparaţie tehnico-economică

La alegerea schemelor optime şi dimensionarea reţelelor hidroenergetice de aducţiuni secundare se porneşte de la criteriul general al eficienţei economice a investiţiilor capitale :

$$z = A + e\,I = \text{minim},$$

în care :

z reprezintă cheltuieli anuale teoretice ;
A — cheltuieli pentru realizarea producţiei ;
I — investiţii pentru asigurarea unei producţii date în anumite condiţii de calitate ;
e — coeficientul normat de eficienţă economică a investiţiilor

$e = \dfrac{1}{T_N}$, unde T_N este timpul normat de recuperare a investiţiilor.

Deoarece centralele hidroelectrice se compară cu centralele termoelectrice, pentru calcule energo-economice criteriul de comparaţie va avea forma :

$$Z = z_H - Z_T = A_H - A_T + e\,(I_H - I_T),$$

unde indicii H se referă la amenajarea hidroenergetică, iar indicii T se referă la o centrală termoelectrică convenţională ai cărei parametri (energia anuală, puterea, modul de încadrare în graficul de sarcină, asigurarea etc.) sînt identici cu ai centralei hidroelectrice comparate.

---

*) B. Borisevici este inginer la Institutul de studii şi proiectări hidroenergetice.

Criteriul, sub această formă, exprimă economiile anuale care rezultă în sistemul energetic, în perioada normală T_N, dacă se adoptă soluția optimă, şi anume dacă :

$Z > 0$, soluţia termo este mai avantajoasă ;
$Z < 0$, soluţia hidro este mai avantajoasă ;
$Z = 0$, soluţiile sînt echivalente din punct de vedere economic.

În cazul în care se studiază anumite părţi din amenajarea hidroenergetică, nu este necesar ca termenii criteriului eficienţei economice să conţină elemente comune tuturor variantelor, iar din punctul de vedere al simplificării calculelor aceste constante în orice caz nu trebuie introduse.

Cu această precizare pentru o putere instalată P şi producţie de energie E, influenţate de parametrii obiectului studiat, termenii funcţiei Z vor avea următoarele expresii :

$$I_H = \lambda_0 I + \lambda_h i_h P,$$

în care

λ_0 este coeficientul de apreciere a factorului timp pe durata execuţiei obiectului ;
λ_h — coeficientul de apreciere a factorului timp pe durata execuţiei restului de obiecte care concură la asigurarea puterii P.

$i_h = \dfrac{\Delta I_h}{\Delta P}$ — costul kWi de bază ;

în care ΔI_h reprezintă investiţiile necesare pentru ca diferenţa de putere ΔP, determinată de variaţia dimensiunilor obiectului studiat, să fie asigurată de celelalte obiecte ale amenajării :

$$I_T = \lambda_t i_t rP + \lambda_m i_m s E,$$

unde

λ_t este coeficientul de apreciere a factorului timp pe durata execuţiei centralei termoelectrice ;
λ_m — coeficient de apreciere a factorului timp pe durata deschiderii de mină ;
i_t — costul kWi suplimentar din centrala termo ;
i_m — investiţia specifică pentru deschidere de mină (raportată la producţia anuală de energie) ;
r — rezerva de putere în CTE în comparaţie cu C.H.E. ;
s — sporul de energie pentru consum propriu la CTE în comparaţie cu CHE

$$A_H = \alpha_0 I + \alpha_h i_h P + aP$$

unde

α_0 este coeficient de amortizare medie a investiţiilor în obiectul studiat ;
α_h — coeficient de amortizare mediu a investiţiilor în obiectele din amenajare care concură la asigurarea puterii P ;
a — cheltuieli de exploatare la CHE raportate la putere.

$$A_T = p_t aE + f.r.P,$$

unde

p_t este costul cotei de combustibil convenţional pentru producerea unei kWh termo ;
f — cheltuieli fixe (amortismente şi exploatare) în CTE raportate la putere.

Expresia finală a cheltuielilor anuale teoretice rezultă :

$$Z = (\alpha_0 + \lambda_0 e) I + (e\lambda_h i_h + \alpha_h i_h + a - e \lambda_t i_t r - f r) P - - (p_t s + e \lambda_m i_m s) E.$$

Parametrii λ au expresia :

$$\lambda = x_1 e^{t-1} + x_2 e^{t-2} \ldots x_t,$$

în care termenii x reprezintă cotele de eşalonare a investiţiilor :

$$x_1 + x_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots x_t = 1.$$

Parametrii termoenergetici i_t, i_m, p_t r s se determină prin prelucrarea statistică a datelor referitoare la cele mai moderne şi eficiente termocentrale care funcţionează în sistemul energetic naţional.

Parametrii hidroenergetici α_0, i_h, a se determină din studiul amenajării în ansamblu.

Notînd cu :

$$u = \alpha_0 + \lambda_0 . e$$
$$v = e \lambda_h i_h + \alpha_h i_h + a - e \lambda_c i_t r - fr$$
$$w = - p_t s - e \lambda_m i_m s,$$

rezultă expresia simplificată :

$$Z = uI + v P + w E,$$

sau înlocuind parametrii P şi E cu expresiile cunoscute :

$$Z = uI + v\,9{,}81\; Q_i H_i \eta_i + w\,9{,}81 \int_0^T Q' H \eta\, dt.$$

Prin sistemul de derivaţii secundare se colectează şi se concentrează debitele din bazinele de recepţie învecinate.

Ca atare, în expresia funcţiei Z, parametrul variabil în cazul derivaţiilor secundare este debitul mediu captat Q_{mc}.

Înlocuind cu :

$$Q_i = Q_{mc} \frac{H_m}{H_i} \cdot \frac{T}{N}$$

$$\int_0^T Q' H \eta\, dt = \eta\, Q_{mc} H_m T,$$

rezultă :

$$Z = uI + 9{,}81\; H_m \eta\, T \left(\frac{v + N w}{N} \right) Q_{mc}.$$

Întrucît stocul de apă disponibil nu se captează în întregime, iar de gradul de folosire a stocului depind dimensiunile dispozitivelor constructive ale derivaţiilor secundare, se introduce noţiunea de coeficient de utilizare a stocului anual ε ca fiind raportul între debitul mediu captat Q_{mc} şi debitul mediu natural Q [1] :

$$\varepsilon = \frac{Q_{mc}}{Q}.$$

Deci criteriul de comparaţie tehnico-economic pentru alegerea schemelor şi dimensionarea reţelelor de aducţiuni secundare gravitaţionale rezultă :

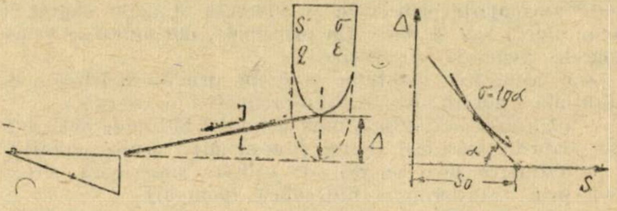


Fig. 1. Schema unei reţele gravitaţionale cu o singură captare.

$$Z = UI + V\varepsilon Q,$$

unde s-a notat cu :

$$U = u$$

$$V = 9{,}81\; H_m \eta\, T \left(\frac{v + Nw}{N} \right).$$

II. Relaţia generală de dimensionare a unei reţele gravitaţionale

În cele ce urmează nu se ţine seamă de efectul nesimultaneităţii debitelor captate, aceasta comportînd un studiu special.

A. *Cazul unei singure captări*

Pentru fixarea ideilor se consideră reţeaua cea mai simplă alcătuită dintr-o singură captare care debuşează gravitaţional în lacul de acumulare (fig. 1).

Scriind toate relaţiile care definesc parametrii I, ε, Q, se obţine :

1) $I = i\,L + C$,

unde

L este lungimea derivaţiei ;
c — costul captării ;

2) $i = f(\Omega)$ — investiţia pe metru liniar de derivaţie în funcţie de secţiunea derivaţiei ;
3) $Q_{inst} = C\,\Omega\,\sqrt{R.J}$ — relaţia din hidraulică dintre debitul instalat Q_{inst}, panta J şi elementele geometrice ale secţiunii (Ω — secţiunea, R — raza hidraulică şi C — coeficientul Chèzy) ;
4) $Q_{inst} = k\,Q$, k fiind coeficientul de instalare ;
5) $\varepsilon = f(k, S)$ — corelaţia statistică între coeficientul de utilizare ε, coeficientul de instalare k şi suprafaţa bazinului de recepţie S ;
6) $Q = q\,S$, q fiind debitul specific ($m^3/s.km^2$) ;
7) $S = f(A)$ suprafaţa şi debitul specific sînt funcţie
8) $q = vf(A)$de altitudinea captării, corelaţia fiind statistică ;
9) $A = A_0 + LJ$, A_0 fiind nivelul maxim normal al lacului de acumulare.

Rezultă că pentru soluţionarea cazului celui mai simplu, admiţînd că lungimea L şi costul captării rămîn practic constante pentru toate variantele, trebuie determinate 11 necunoscute, sistemul de ecuaţii fiind alcătuit din cinci relaţii analitice, patru relaţii statistice şi următoarele două ecuaţii diferenţiale, care stabilesc condiţia de minim :

10) $$U\frac{\partial I}{\partial \varepsilon} + V\,Q = 0$$

11) $$U\frac{\partial t}{\partial Q} + V\,\varepsilon = 0$$

Pentru o reţea cu n captări, numărul total de ecuaţii rezultă : $10\,n + 1$.

Pentru a soluţiona problema dimensionării reţelelor de aducţiuni secundare se introduc următoarele aproximaţii şi ipoteze, care nu sînt de natură să influenţeze practic asupra corectitudinii rezultatelor ;

1) Se determină relaţia $i = f(K)$, unde $K = C\,\Omega\,\sqrt{R} = \frac{Q_{inst}}{\sqrt{J}}$ este coeficientul de debit al secţiunii.

2) Se admite în domeniul probabil al rezultatelor $i = m\,K$, m fiind un modul de investiţie.

3) Suprafaţa bazinului de recepţie se scrie sub forma : $S = S_0 - \sigma\,\Delta$, unde σ este modulul de variaţie a suprafeţei bazinului în domeniul probabil al cotelor punctelor de captare ; S_0 — suprafaţa bazinului de recepţie extrapolată liniar la nivelul maxim normal al lacului de acumulare.

$$\Delta = LJ.$$

4) Debitul specific se admite constant, alegîndu-se în funcţie de domeniul probabil al cotei de captare.

5) Relaţia $\varepsilon = f(k, S)$ se aproximează cu relaţia $\varepsilon = f(k)$ pentru $S = S_0$, sau pentru suprafaţa de bazin corespunzătoare cotei probabile de captare.

Cu aceste aproximaţii rezultă :

$$I = \frac{mL}{\sqrt{J}}\,kq\,(S_0 - \sigma\,LJ) + C,$$

$$Q = q\,(S_0 - \sigma\,L\,J),$$

iar funcţia Z va avea expresia :

$$Z = \frac{UmL}{\sqrt{J}}kq\,(S_0 - \sigma L\,J) + UC + V\varepsilon q\,(S_0 - \sigma\,LJ)$$

$$\varepsilon = f(k) \to S = S_0.$$

Necunoscutele ε k, J sînt determinate de relaţiile :

$$\frac{\partial Z}{\partial k} = 0$$

$$\frac{\partial Z}{\partial J} = 0$$

$$\varepsilon = f(k)$$

Pentru o reţea cu n captări, numărul de ecuaţii se reduce la $3\,n$.

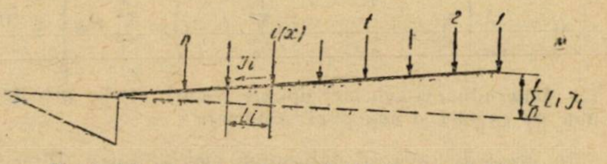


Fig. 2. Schema unei reţele gravitaţionale cu n captări.

B. *Cazul unei reţele gravitaţionale simple fără ramificaţii* (fig. 2)

Debitul mediu la o captare x va fi :

$$Q_x = q_x\left(S_{0x} - \sigma_x \sum_{n}^{x} L_i\,J_i\right).$$

Debitul instalat pe tronsonul de aducţiune x va fi :

$$Q_{inst\,x} = \sum_{1}^{x} k_i\,q_i\left(S_{0x} - \sigma_x \sum_{n}^{x} L_i\,J_i\right).$$

Funcţia Z va avea forma :

$$Z = um \sum_{x=1}^{n} \frac{L_x}{\sqrt{J_x}} \cdot \sum_{1}^{x} k_i\,q_i\left(S_{0i} - \sigma_i \sum_{n}^{x} L_i\,J_i\right) +$$

$$+ U\sum_{x=1}^{n} C_x + V\sum_{x=1}^{n} \varepsilon_x\,q_x\left(S_{0x} - \sigma_x \sum_{n}^{x} L_i\,J_i\right).$$

Dacă se ţine seama însă că pînă la o captare oarecare t coeficientul de debit K rezultă mai mic decît cel corespunzător secţiunii minim constructive M, funcţia Z va avea expresia :

$$Z = Ui_M \sum_{x=1}^{t} L_x + Um \sum_{x=t}^{n} \frac{L_x}{\sqrt{J_x}} \sum_{1}^{x} k_i\,q_i\left(S_{0i} - \right.$$

$$\left. - \sigma_i \sum_{n}^{x} L_i\,J_i\right) + U\sum_{x=1}^{n} C_x + V\sum_{x=1}^{n} \varepsilon_x\,q_x\left(S_{0x} - \sigma_x \sum_{n}^{x} L_i\,J_i\right).$$

Apare deci necunoscuta t, care rezută din condiţia :

$$\frac{1}{\sqrt{J_t}} \sum_{1}^{t} k_i\,q_i\left(S_{0i} - \sigma_i \sum_{n}^{t} L_i\,J_i\right) \leqslant M.$$

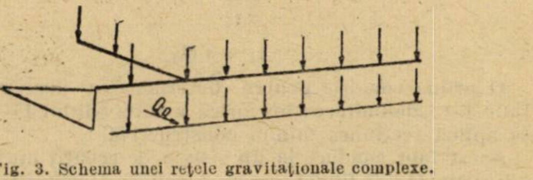


Fig. 3. Schema unei reţele gravitaţionale complexe.

C. *Cazul unei reţele gravitaţionale complexe* (fig. 3)

Cazul unei reţele complexe se reduce la cel al unei reţele simple, înlocuind fiecare ramificaţie prin valoarea aproximativă a debitului instalat.

Rezultă un număr de reţele simple egal cu numărul ramificaţiilor. Prin calcule succesive se optimizează valorile iniţiale arbitrare ale debitelor Q_{0i}.

Funcţia Z va avea forma :

$$Z = U\, i_M \sum_{x=1}^{t} L_i + Um \sum_{x=t}^{n} \frac{L_x}{\sqrt{J_x}} \left[\sum_{1}^{x} k_i\, q_i \left(S_{0i} - \right.\right.$$

$$\left.\left. - \sigma_i \sum_{n}^{x} L_i\, J_i \right) + \sum_{t}^{x} Q_{0i} \right] + U \sum_{x=1}^{n} C_x +$$

$$+ V \sum_{x=1}^{n} \varepsilon_x q_x \left(S_{0x} - \sigma_x \sum_{n}^{x} L_i\, J_i \right),$$

iar condiţia suplimentară :

$$K_t = \frac{1}{\sqrt{J_t}} \left[\sum_{1}^{t} k_i\, q_i \left(S_{0i} - \sigma_i \sum_{n}^{t} L_i\, J_i \right) + \sum_{1}^{t} Q_{0i} \right] \leqslant M.$$

III. Determinarea schemei optime a unei reţele gravitaţionale de captări şi aducţiuni secundare

În această etapă se determină oportunitatea diferitelor grupe de captări şi limitele de extindere a reţelei în bazinul principal şi în bazinele învecinate, în maniera în care acest lucru nu contravine planului general de amenajare a apelor.

Pentru soluţionarea acestei probleme este suficient să se admită valori arbitrare apropiate de cele probabile pentru parametrii ε_i şi J_i, calculîndu-se şirul de valori Z_j în intervalul $1 - n$.

În vederea acestui calcul se stabileşte în prealabil schema maximală, care va cuprinde captarea tuturor surselor de debit tehnic posibile (care nu se exclud de la simpla apreciere a condiţiilor hidrologice şi topografice). Reţeaua avînd o configuraţie complexă, se studiază parcurgînd pe rînd fiecare ramură de la debuşare pînă la punctul terminus, ca şi cum ar fi o reţea simplă pe traseul căreia se racordează un şir de captări secundare (fig. 4).

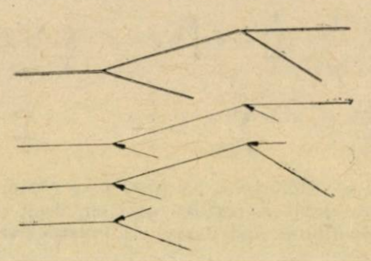


Fig. 4 Schema descompusă a unei reţele gravitaţionale complexe.

IV. Determinarea parametrilor optimi k_i şi J_i ai unei reţele gravitaţionale (fără a se ţine seamă de efectul nesimultaneităţii debitelor captate)

Soluţia problemei se obţine prin rezolvarea sistemului de ecuaţii :

$$\frac{\partial Z}{\partial k_i} = 0$$

$$\frac{\partial Z}{\partial J_i} = 0$$

$$\varepsilon_i = f(k_i).$$

O primă condiţie pentru determinarea derivatelor parţiale este delimitarea aprioricǎ a intervalului $1 - t$, pe care se aplică secţiunea minim constructivă.

Acest fapt conduce la un sistem de ecuaţii inutilizubil în intervalul $(1 - t)$, fiind necesare următoarele condiţii suplimentare :

— condiţia de captare a stocului maxim :

$$\mathcal{E} = \sum_{x=1}^{t} \varepsilon_x\, q_x \left(S_{0x} - \sigma_x \sum_{x}^{n} J_i\, L_i \right) =$$

$$= \text{maxim, respectiv } \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial I_x} = 0\,;$$

— condiţia de folosire integrală a secţiunii minim constructive

$$\sum_{1}^{x} k_i\, q_i \left(S_{0x} - \sigma_i \sum_{x}^{n} L_i\, J_i \right) + \sum_{1}^{x} Q_{0i} = M \sqrt{J_x}.$$

Cu aceste precizări, sistemul de ecuaţii care conduce la soluţia optimă este :

intervalul $(1 - t)$ $$\frac{\Delta \varepsilon_x}{\Delta k_x} \left(\frac{1}{2} \frac{M}{\sqrt{J_x}} + L_x \sum_{1}^{x} k_i\, q_i \sigma_i \right) = $$

$$= L_x \sum_{1}^{x} \varepsilon_i\, q_i \sigma_i\,;$$

intervalul $(t - n)$ $$\frac{V}{Um} \frac{\Delta \varepsilon}{\Delta k_x} + \sum_{x}^{n} \frac{L_i}{\sqrt{J_i}} = 0$$

intervalul $(1 - t)$ $$k_x\, q_x \left(S_{0x} - \sigma_x \sum_{x}^{n} J_i\, L_i \right) + Q_{0x} =$$

$$= M \left(\sqrt{J_x} - \sqrt{J_{x-1}} \right)$$

intervalul $(t - n)$ $$\sum_{1}^{x} k_i\, q_i \left(S_{0i} - \sigma_i \sum_{x}^{n} J_i\, L_i \right) +$$

$$+ \sum_{1}^{x} Q_{0i} + 2\, J_x \sqrt{J_x} \sum_{t+1}^{x} \frac{L_i}{\sqrt{J_i}} \sum_{1}^{x} k_i\, q_i\, \sigma_i +$$

$$+ 2\, J_x \sqrt{J_x} \left(\sum_{1}^{x} k_i\, q_i\, \sigma_i \right) \left(\sum_{x+1}^{n} \frac{L_i}{\sqrt{J_i}} \right) +$$

$$\frac{2V}{Um} J_x \sqrt{J_x} \sum_{1}^{x} \varepsilon_i\, q_i\, \sigma_i = 0.$$

Soluţionarea sistemului de ecuaţii prezintă deocamdată dificultăţi de programare la maşinile de calcul existente.

De aceea se propune soluţionarea problemei de mai sus prin optimizarea succesivă a valorilor Z.

Se poate uşor demonstra că, dacă funcţia $Z = f(\varepsilon_i, J_i)$ are o valoare minimă unică, atunci şirul valorilor Z_0, Z_1', Z_2'' ... Z^{2n}...Z^{∞} tinde către valoarea minimă, dacă valorile sînt calculate după cum urmează :

— Z_0^0 se determină pentru valori arbitrare ale parametrilor ε_i şi J_i ;

— Z_1' se determină păstrînd parametrii J_i şi ε_i constanţi, cu excepţia lui ε_1, care variază în domeniul probabil, alegîndu-se valoarea minimă a funcţiei Z.

— Z'' se determină păstrînd parametrii iniţiali, cu excepţia ε_1, pentru care se introduce valoarea corespunzătoare lui Z' şi a lui J_1, care se variază de asemenea în limitele domeniului soluţiei probabile. Z'' se obţine din condiţia de minim.

Trecînd succesiv la toate punctele de captare, se înlocuiesc treptat valorile iniţiale arbitrare cu valorile îmbunătăţite, după procedeul descris.

Etapa $2\,n$ a calculului va înlocui complet valorile arbitrare ale necunoscutelor ε_i şi J_i. Repetarea calculului de cîteva ori va conduce practic la rezultate satisfăcătoare, precizia determinărilor depinzînd de intervalele de calcul ΔJ şi $\Delta\varepsilon$.

Reprezentarea grafică a rezultatelor ilustrează teorema enunţată (fig. 5).

În cazul general al reţelelor de aducţiuni secundare care conţin tronsoane cu secţiunea minimă constructivă, aşa cum s-a demonstrat mai sus, criteriul Z_{minim} nu conduce la o soluţie unică.

Calculul prin optimizare va conduce la mai multe variante care satisfac condiţia de minim, numărul lor depinzînd de asemenea de mărimea intervalelor $\Delta\varepsilon$, ΔJ şi de numărul încercărilor. Alegerea soluţiei se va face după criteriul energetic enunţat mai sus.

Neglijînd un factor important ca „nesimultaneitatea debitelor captate”, metoda stabilită mai sus nu conduce la soluții satisfăcătoare. Considerentele expuse au fost necesare pentru a scoate în evidență factorii care influențează asupra soluțiilor și pentru a se găsi căile de rezolvare a problemei.

Totuși, în faza calculelor preliminare, cînd nu se dispune de un studiu al nesimultaneității debitelor captate, procedeul de calcul descris poate fi aplicat pentru determinarea configurației optime a schemei și pentru a trage concluzii asupra eficienței energo-economice a rețelei de aducțiuni secundare analizate.

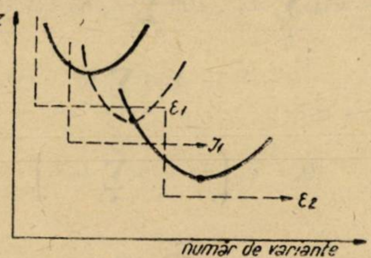


Fig. 5. Optimizarea parametrilor ε_i și J_i.

V. Influența nesimultaneității debitelor captate

În natură, efectul nesimultaneității debitelor afluente, respectiv modul de compunere a debitelor instantanee ale unui număr oarecare de aluenți care formează un curs de apă, se manifestă printr-un regim hidrologic mai compensat al cursului de apă principal, în comparație cu cel al afluenților componenți [2]. De fapt, acest efect de compensare nu este numai rezultatul nesimultaneității în sensul strict al cuvîntului, ci înglobează un număr însemnat de factori — hidrologici, meteorologici, orografici etc. (precipitații, direcția vîntului, împădurire, expunere la soare, pante etc.) — care influențează în același mod și compunerea debitelor captate. De aceea în cele ce urmează se va adopta acest sens lărgit al noțiunii de nesimultaneitate, înglobînd sub o formă sintetică complexul de factori care influențează compunerea debitelor.

Pentru compunerea debitelor care curg pe albii naturale este evidentă identitatea :

$$\varepsilon = f(k \cdot S) \equiv \varepsilon = f'(k \cdot \Sigma Si),$$

unde $S = \Sigma Si$ este suma bazinelor de recepție a cursurilor de apă afluente la punctul de observație.

Aceeași ipoteză se poate menține și în cazul în care se compun debite captate fără pierderi la punctele de captare ($\varepsilon_i = 1$), capacitatea de transport a rețelei de aducțiuni fiind nelimitată.

Într-adevăr, diferența între cele două regimuri constă numai în condițiile diferite de transport de la punctele de captare la punctul de observație, element neesențial în compunerea debitelor, ceilalți factori fiind aceiași.

În cazul $\varepsilon_i < 1$, în însumarea debitelor intervin schimbări legate de limitarea debitelor captate la capacitatea maximă $k_i Q_i$.

Deci în cazul general al compunerii debitelor captate (fig. 6), în domeniul neafectat de capacitatea captărilor (al însumărilor debitelor naturale) relația $\varepsilon = f\ (k)$ pentru debite captate se confundă cu relația $\varepsilon = f\,(k.\ \sum S_i)$, iar în continuare relația tinde către valoarea-limită :

$$\varepsilon_m = \frac{\Sigma Q_i\, \varepsilon_i}{\Sigma Q_i} \text{ corespunzătoare la } k_m = \frac{\Sigma k_i\, Q_i}{\Sigma Q_i}.$$

Determinarea riguroasă a curbei $\varepsilon = f(k)$ pentru însumarea debitelor captate este foarte anevoioasă și inaplicabilă în calcule practice.

Un studiu statistic al datelor referitoare la regimurile hidrografice naturale și captate ale cîtorva bazine de recepție, din zona a cărei amenajare se studiază, permite determinarea următoarelor elemente, care ușurează introducerea efectului de nesimultaneitate în calculul rețelelor :

$\Delta\varepsilon'$ — domeniul de racordare a curbelor. (Pentru cazurile practice studiate s-a obținut valoarea medie $\Delta\varepsilon' = 0{,}05$). Intervalul $\Delta\varepsilon'$ definește deci punctul de racordare pe diagrama $\varepsilon = f\,(k_1\ \Sigma\ S_i\ )$, la care corespunde coeficientul de instalare la punctul de observație k_a ;

— alura porțiunii *ab* a diagramei $\varepsilon = f(k)$. Studiul statistic al cîtorva cazuri practice confirmă concluzia intuitivă că punctul (*a*) este de tangență, iar în punctul (*b*) derivata

$$\frac{\mathrm{d}\varepsilon}{\mathrm{d}k} = 0.$$

Modul cum se introduce efectul nesimultaneității debitelor captate în calculul energo-economic al sistemelor de aducțiuni secundare rezultă din următoarele raționamente :

Fie rețeaua de aducțiuni secundare din figura 7, în care s-a prevăzut un deversor fictiv în punctul de observație *D*, situat pe tronsonul de la debușarea în aval de captarea *n*.

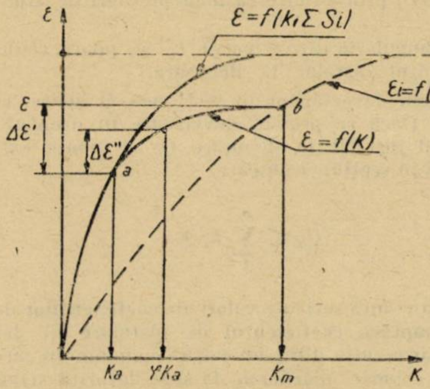


Fig. 6. Compunerea debitelor captate

Fiind admise o serie de valori pentru parametrii ε_i, respectiv k_i, se determină debitele instalate la captări $k_i\ Q_i$ și debitele instalate pe derivații $\sum\limits_{i=1}^{x} k_i\ Q_i$.

De asemenea se determină valorile medii ε_m, k_m și se trasează, după indicațiile de mai sus, diagrama caracteristică $\varepsilon = f(k)$ pentru compunerea debitelor captate de cele *n* captări secundare.

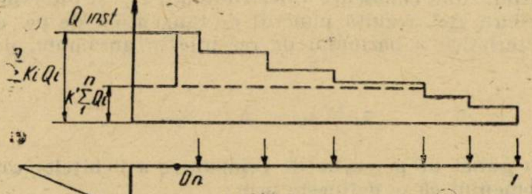


Fig. 7. Schema unei rețele gravitaționale care ține seama de efectul nesimultaneității debitelor captate.

Se admite că în secțiunea *D* se adoptă coeficientul de instalare limită :

$$k_m = \frac{\Sigma\ k_i\ Q_i}{\Sigma\ Q_i}.$$

Este evident că în acest caz nu intervine efectul nesimultaneității.

Debitul instalat la debuşare va fi:

$$Q_a = k_m \sum_1^n Q_i = \sum_1^n k_i Q_i,$$ iar în punctul D nu vor avea loc pierderi de stoc prin deversare.

Pentru a se ţine seamă de efectul nesimultaneităţii este necesar să se aleagă în secţiunea D un coeficient de instalare $k' < km$.

Atunci debitul instalat la debuşare va fi:

$$Q_a = k' \sum_1^n Q_i < \sum_1^n k_i Q_i.$$

În schimb, în secţiunea D se vor produce pierderi de stoc prin deversare corespunzătoare diferenţei $(\varepsilon_m - \varepsilon')$. Deversările vor avea loc în perioadele în care se compun (sînt simultane) debitele maxime la un număr suficient de mare de captări.

Examinînd alura curbei $\varepsilon = f(k)$ rezultă că în domeniul în care $\frac{d\varepsilon}{dk} \to 0$, prin admiterea unor pierderi de stoc reduse datorită strangulării din punctul D, se poate reduce substanţial debitul instalat la debuşare.

Concentrarea deversărilor în secţiunea D apare, evident, neraţională. Dacă se prevăd deversoare în dreptul captărilor, debitul instalat la debuşare Q_a se poate extinde în amonte pînă în secţiunea în care

$$Q_a \leqslant \sum_1^x k_i Q_i.$$

Pentru o anumită serie de valori ale coeficienţilor de instalare k_i la captări, coeficientul de instalare al derivaţiei la debuşare ar rezulta dintr-un calcul economic în care intervin, pe de o parte, pierderea de stoc datorită strangulării derivaţiei, iar pe de altă parte investiţiile necesare pentru a asigura transportul debitului instalat

$$Q_a = k \sum_1^n Q_i.$$

Trasarea aproximativă, destul de arbitrară, a diagramei $\varepsilon = f(k)$ pe baza elementelor calitative arătate anulează eficienţa unui astfel de calcul.

Folosind proprietăţile statistice ale relaţiei $\varepsilon = f(k)$, se adoptă un procedeu mai simplu de determinare a coeficientului de instalare la debuşare.

Astfel, fiind cunoscute valoarea-limită ε_m şi intervalul de racordare $\Delta\varepsilon'$, rezultă punctul de tangenţă a de pe curba caracteristică a bazinului de recepţie în ansamblu, definit prin:

$$\varepsilon_a = \varepsilon_m - \Delta\varepsilon'; \; k_a.$$

Un punct de pe curba de compunere a debitelor captate în domeniul ab se defineşte prin:

$$\varepsilon_0 = \varepsilon_a + \Delta\varepsilon''$$

$$k_0 = \varphi k_a,$$

φ avînd şi rolul unui coeficient de siguranţă care ţine seamă de imprecizia datelor hidrologice.

Fiind dată relaţia $\varepsilon = f(k)$ pentru $S = \Sigma S_i$, caracteristică bazinului de recepţie în ansamblu, prin cîteva încercări grafice se pot determina valori satisfăcătoare pentru $\Delta\varepsilon''$ şi φ. Această cale empirică nu influenţează totuşi asupra preciziei generale a calculului datorită faptului că însuşi intervalul de racordare $\Delta\varepsilon'$ este limitat la 3–5%.

VI. Criteriul de comparaţie z în cazul în care se ţine seamă de nesimultaneitatea debitelor captate

Consideraţiile privind compunerea debitelor captate permit stabilirea următoarelor relaţii generale de dimensionare a unei reţele gravitaţionale

$$Z = Ui_M \sum_1^t L_i + Um \sum_{x=t}^n L_x K_x + \mathrm{V} (\varepsilon_m - \Delta\varepsilon' + \Delta\varepsilon'') \sum_1^n Q_i$$

$$Q_i = q_i \left(S_{0i} - \sigma_i \sum_n^x L_i J_i \right)$$

$$\varepsilon_m = \frac{\sum_1^n \varepsilon_i Q_i}{\sum_1^n Q_i}$$

$$\varepsilon_i = f(k_i) \text{ pentru } S = S_{0i}$$

$$\varepsilon_m - \Delta\varepsilon' = f(k_a) \text{ pentru } S = \sum_1^n S_{0i}$$

$$Q_a = \varphi k_a \sum_1^n Q_i$$

$$K_x = \frac{Q_{x\,inst}}{\sqrt{J_x}}.$$

Intervin următoarele condiţii:

Dacă $Qa \geqslant \sum_1^x k_i Q_i$ atunci $Q_{x\,inst} = \sum_1^x k_i Q_i + \sum_1^x Q_{0i}$.

Dacă $Q_a < \sum_1^x k_i Q_i$, atunci $Q_{x\,inst} = Q_a + \sum_1^x Q_{0i}$.

Dacă $K_x \leqslant M$ în intervalul $1-t$ se determină $Ui_M \sum_1^t L_i$.

Dacă $K_x > M$ in intervalul $t-n$ se determină

$$Um \sum_{x=t}^n L_x K_x.$$

Parametrii variabili fiind tot ε_i, J_i, soluţia se obţine prin optimizarea succesivă a funcţiei Z după procedeul descris, prin calcule la maşina electronică.

Următoarele două constatări permit smplificarea calculelor, reducerea numărului de variante şi a timpului de calcul la maşina electronică.

1. Variabilele ε_i nu influenţează direct soluţia, ci prin intermediul valorii medii $\varepsilon_m = \frac{\sum_1^n \varepsilon_i Q_i}{\sum_1^n Q_i}$, reflectînd astfel ipoteza că sistemul de aducţiuni şi captări secundare se comportă similar cu un bazin de recepţie natural, de suprafaţă echivalentă cu suma suprafeţelor bazinelor parţiale.

Ca atare, obţinerea unei valori optime a coeficientului de utilizare ε pentru fiecare captare în parte nu mai prezintă utilitate practică și deci se poate considera ca variabilă unică care dimensionează capacitatea captărilor secundare :

$$\varepsilon = \varepsilon_m = \varepsilon_i .$$

2. Dacă din șirul coeficienților de variație a suprafeței bazinelor de recepție la captări σ_i se aleg valorile cele mai mari $\sigma_a, \sigma_b, \sigma_c \ldots \sigma_m$ care influențează substanțial suprafața bazinelor de recepție, variabilele J_i se pot reduce la :

$$J_{ab},\ J_{bc} \ldots .\ J_{mn} .$$

VII. Dimensionarea schemelor mixte, combinate cu pompaj

A. *Cazul unei rețele care alimentează o stație de pompare*

O astfel de schemă (fig. 8) este alcătuită din :

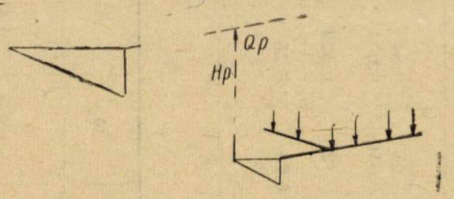


Fig. 8. Schema unei rețele care alimentează o stație de pompare.

— o rețea de aducțiuni și captări secundare ;

— o stație de pompare ;

— derivația prin care se transportă debitul pompat în lacul de acumulare principal.

Criteriul de comparație pentru o astfel de schemă va avea forma :

$$Z = uI + v\,P + wE + w'E_p ,$$

în care relațiile suplimentare sînt :

E_p este energia consumată la pompaj ;

$$E_p = \frac{T \times 9{,}81}{\eta_p} .\ H_{p\,med}\,(\varepsilon - \Delta\varepsilon' + \Delta\varepsilon'')\sum_{1}^{n} Q_i ;$$

$w' = p_t' + e\lambda_m\, i_m$ pentru CTE funcționînd la baza graficului de sarcină.

Investiția I se compune din :

$$I = I_0 + i_p\, P_p + \Delta I_g ,$$

în care :

I_0 reprezintă investițiile în rețeaua de aducțiuni secundare ;

i_p — costul kW instalat în stația de pompare ;

P_p — puterea instalată în stația de pompare :

$$P_p = \frac{9{,}81\, H_{\cdot p \cdot max}}{\eta_p} \cdot \theta\, Q_a ;$$

$\theta = \frac{24}{t_{max}}$ — un coeficient care ține seamă de programul maxim de funcționare al stației de pompare în perioadele de ape mari, impus de faptul că este nerațional ca stația de pompă să funcționeze în timpul vîrfului de sarcină ;

I_g — investiția suplimentară pentru transportul debitului pompat în lacul de acumulare, care se poate scrie sub forma :

$$I_g = i_g\, \theta\, Q_a .$$

Cu aceste precizări :

$$Z = Ui_M \sum_{1}^{t} L_i + Um \sum_{x=t}^{n} L_x K_x + V(\varepsilon - \Delta\varepsilon' + $$

$$+ \Delta\varepsilon'') \sum_{1}^{n} Q_i + W Q_a ,$$

în care constantele au expresia :

$$U = u$$

$$V = 9{,}81\, H_m \eta\, T \left(\frac{v + Nw}{N}\right) + \frac{9{,}81\, H_{pm}\, Tw'}{\eta_p}$$

$$W = u\left(\frac{9{,}81\, H_{p\,max}\, \theta\, i_p}{p} + i_g\, \theta\right),$$

B. *Cazul unei rețele gravitaționale alimentată pe parcurs de stații de pompare* (fig. 9)

Criteriul de comparație pentru această schemă are forma :

$$Z = uI + vP + wE + w' E_p .$$

$$E_p = 9{,}81\, T\left[\frac{Q_{p1 \cdot med}}{\eta_{p1}} \sum_{n}^{p_1} L_i\ J_i + \frac{Q_{p2\,med}}{\eta_{p2}} \sum_{n}^{p_2} L_2 I_2 + \ldots + \right.$$

$$\left. + \frac{Q_{pm\,med}}{\eta_{pm}} \sum_{n}^{p_m} L_i\ J_i\right].$$

Investiția va avea următoarele componente :

$$I = I_0 + i_p\, P_p$$

$$P_p = 9{,}81 \left[\frac{Q_{p1\,inst}}{\eta_{p1}} \sum_{n}^{p_1} L_i\, J_i + \frac{Q_{p2\,inst}}{\eta_{p2}} \sum_{n}^{p_2} L_i\, J_i + \ldots + \right.$$

$$\left. + \frac{Q_{pm\,inst}}{\eta_{pm}} \sum_{n}^{p_m} L_i\ J_i\right]$$

Formula Z poate fi scrisă sub forma :

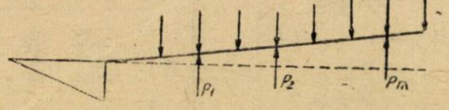


Fig. 9. Schema unei rețele alimentate de stație de pompare.

$$Z = Ui_M \sum_{1}^{t} L_i + Um \sum_{x=t}^{n} L_x K_x + V(\varepsilon - \Delta\varepsilon' + $$

$$+ \Delta\,\varepsilon'')\sum_{1}^{n} Q_i + W_1 \sum_{n}^{p_1} L_i\, J_i + W_2 \sum_{n}^{p_2} L_i\, J_i + \ldots +$$

$$+ W_m \sum_{n}^{p_m} L_i\, J_i ,$$

în care :

$$U = u$$

$$V = 9{,}81\, H_m \eta\, T\left(\frac{v + Nw}{N}\right)$$

$$W_1 = \frac{9{,}81}{\eta_{p1}}\,(Q_{p1med}\, T\, w' + Q_{p1inst}\, i_p\, u)$$

$$W_m = \frac{9{,}81}{\eta_{pm}}\,(Q_{pm\,med}\, Tw' + Q_{pm\,inst}\, i_p\, u).$$

Tabela 1

Captarea nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L, m	1101	1976	1634	1600	4153	702	1260	3204	3656	3083	1283	812	1302	1680	4606
σ km²/m	0,0092	0,0096	0,0196	0,0172	0,0050	0,0038	0,0012	0,0104	0,007	0,0148	0,0025	0,0023	0,0034	0,0058	0,0068
S_0, km²	3,96	5,32	8,34	4,40	16,23	10,06	1,5	10,95	8,60	12,40	1,15	1,47	1,48	8,03	9,45
q, m³/s,km²	0,0253	0,0261	0,0248	0,248	0,258	0,0267	0,0249	0,0253	0,0232	0,0260	0,0498	0,0262	0,0247	0,0271	0,0262
Q_0, m³/s	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,47

Tabela 2

Captarea nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Coeficient de instalare	5,18	4,89	3,61	5,23	2,24	3,10	7,06	3,05	3,42	2,82	8,07	7,29	7,27	3,52	3,19
Debit mediu, m³/s	0,078	0,115	0,162	0,070	0,407	0,261	0,033	0,258	0,187	0,303	0,051	0,036	0,037	0,212	0,243
Debit instalat la captare, m³/s	0,405	0,560	0,585	0,366	0,920	0,805	0,232	0,790	0,640	0,855	0,410	0,262	0,270	0,745	0,770
Debit instalat pe derivații, m³/s	0,405	0,965	1,550	1,916	2,836	3,641	3,873	4,663	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	8,77
Panta derivației, ‰	2	2	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	6

Tabela 3

Captarea nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Coeficient de instalare	6,69	6,29	4,93	6,76	3,34	4,33	8,78	4,27	4,70	4,01	9,84	9,00	8,99	4,81	4,43
Debit mediu, m³/s	0,095	0,117	0,165	0,073	0,408	0,252	0,035	0,263	0,192	0,310	0,054	0,037	0,035	0,214	0,244
Debit instalat la captări, m³/s	0,643	0,787	0,813	0,494	1,380	1,080	0,301	1,125	0,915	0,125	0,529	0,334	0,311	1,030	1,080
Debit instalat pe derivații, m³/s	0,643	1,378	2,191	2,680	4,065	5,145	5,446	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	9,72
Panta derivației, ‰	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	*min* 2 *max* 5

Tabela 4

Captarea nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Debit instalat la captare, m³/s	0,405	0,560	0,585	0,366	0,920	0,805	0,232	0,790	0,640	0,855	0,410	0,262	0,270	0,745	0,770
Debit instalat pe aducțiuni, m³/s	0,405	0,965	1,550	1,916	2,836	3,641	3,873	4,663	5,303	6,158	6,560	6,822	7,092	7,837	12,077

VIII. Aplicaţii şi exemple practice

Metoda de calcul s-a aplicat la studiul unei reţele de aducţiuni secundare din cadrul unei amenajări hidroenergetice de mare cădere, prin care se colectează debitele de pe bazine de 1–8 km². Reţeaua debuşează în lacul de compensare zilnică al unei staţii de pompare, care transmite debitele pe o diferenţă de nivel de 200 m la lacul de acumulare principal.

Datele de bază ale reţelei sînt cuprinse în tabela 1.

Caracteristicile bazinelor la punctele de captare sînt de forma *) :

$$\varepsilon_i = 1 - \frac{1}{100}\, e^{a(b-k_i)}$$

unde $a = 0{,}026\ S_0 + 0.10$; $b = 32 - 12{,}5 \log S_0$.

Caracteristica bazinului în ansamblu este dată de şirul de valori :

K	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
ε	0,685	0,763	0,843	0,890	0,921

Valorile adoptate pentru parametrii care intervin în calcule au condus la următoarele constante :

$$\begin{array}{lll} U = 0{,}1365 & i_M = 3{,}3 & \Delta\varepsilon' = 0{,}05 \\ V = -16050 & m = 0{,}0357 & \Delta\varepsilon'' = 0{,}02 \\ W = 1060 & M = 120 & \varphi = 1{,}5 \end{array}$$

Ca variabile s-au considerat :

$$J_{1.2} : J_3 : J_{4.7} : J_{8.9} : J_{10.14} : J_{15}.$$

Calculele de optimizare, luîndu-se cu intervale $\Delta\varepsilon = 0{,}02$, $\Delta J = 1\text{‰}$, la maşina electronică CIFA–102, au condus la următoarea soluţie optimă absolută :

($Z_{min.min}$ = – 12 492 mii lei/an,)

Debit mediu	$Q_m = 2{,}452$ m³/s
Coeficient de captare	$\varepsilon_c = 0{,}80$
Coeficient de utilizare pe ansamblu	$\varepsilon = 0{,}77$
Coeficient de instalare la debuşare	$k = 2{,}16$
Debit instalat la debuşare	$Q = 5{,}30 + 3{,}47$ m³/s

Elementele reţelei sînt cuprinse în tabela 2.

Din analiza rezultatelor parţiale rezultă că maşina electronică a găsit un număr însemnat de variante pentru care Z este practic apropiat de $Z_{min.\ min}$.

Dacă se ţine seamă că prin modul de programare maşina nu a parcurs numărul total de variante posibile, rezultă că mai sînt şi alte soluţii care se apropie de $Z_{min.\ min}$.

Pe de altă parte, calculul nu ţine seamă de anumite particularităţi ale terenului, cum ar fi condiţiile geologice, variaţia numărului de captări în zona confluenţelor, condiţii de acces etc.

De asemenea, este evident că parametrii introduşi în calcul nu se cunosc cu aceeaşi precizie, o parte din ei conţinînd o doză oarecare de arbitrar, şi deci aplicarea unei alte serii de constante numerice ar conduce la o valoare a funcţiei de comparaţie diferită, dar apropiată de $Z_{min.\ min}$.

Se desprinde concluzia că $Z_{min.min}$ nu constituie un criteriu absolut pentru fixarea soluţiei, ci reprezintă o cifră de control care determină un domeniu al variantelor optime.

Practic se vor alege soluţiile apropiate de cele teoretice şi care :

— vor ţine seamă de particularităţile terenului ;

— vor satisface anumite condiţii suplimentare (energetice, de folosinţă complexă, de organizare, de tipizare a echipamentelor sau utilajului de construcţie etc.) ;

— se vor încadra în domeniul de optim determinat de valoarea teoretică $Z_{min.\ min}$.

În exemplul analizat s-a ales următoarea variantă :

Debit mediu	$Q_m = 2{,}50$ m³/s
Coeficient de captare	$\varepsilon_c = 0{,}84$
Coeficient de utilizare	$\varepsilon = 0{,}81$
Coeficient de instalare la debuşare	$k = 2{,}50$.

Elementele schemei adoptate sînt redate în tabela 3.

Criteriul $Z = -12328$ mii lei/an este apropiat de cel teoretic.

În alegerea acestei variante s-au avut în vedere :

— punerea sub presiune a tronsonului de la debuşare, panta hidraulică variind între 2 ‰ şi 5 ‰ ;

— mărimea eficienţei energetice (ε la limita economică superioară).

Calculul care neglijează efectul nesimultaneităţii debitelor captate ar conduce la debitele instalate din tabela 4, asigurîndu-se $\varepsilon_{captat} = \varepsilon_{utilizat} = 0{,}80$.

Concluzii

1. Alegerea dimensiunilor optime ale unei reţele de aducţiune şi captări secundare este influenţată de numeroşi factori, hidrologici, topografici, hidraulici, energetici, constructivi etc.
2. Parametrii cei mai importanţi pot fi supuşi unei sistematizări care să conducă la o soluţie numerică a problemei tehnico-economice.
3. Gradul de precizie a datelor de bază este foarte variabil : elemente arbitrare intervin mai ales în aprecierea datelor hidrologice pentru bazine mici şi într-o măsură mai redusă în alegerea parametrilor energo-economici de comparaţie cu centralele termoelectrice.
4. Calculele ţin seamă de nesimultaneitatea debitelor captate, unul dintre factorii importanţi care influenţează dimensionarea derivaţiilor, dar ipotezele formulate teoretic nu au încă o confirmare experimentală.
5. Ca atare metoda de calcul expusă conduce la rezultate cu caracter informativ menite să completeze intuiţia inginerească.
6. Metoda se pretează programării la maşinile electronice de calcul. Automatizarea calculului permite analiza critică aprofundată a datelor de bază, precum şi studierea influenţei unor parametri mai puţin stăpîniţi.
7. Calitatea rezultatelor obţinute depinde de corectitudinea datelor de bază. În acest sens este necesară înfiinţarea unui număr suficient de staţii hidrometrice specializate în măsurători de regim la bazine de recepţie mici şi măsurători de nesimultaneitate.

Bibliografie

[1] Pavel, D. *Hidroenergetica generală.*

[2] Borisevici, B. *Influenţa nesimultaneităţii debitelor captate asupra dimensionării reţelelor de aducţiuni secundare.* Hidrotehnica nr. 2, 1966.

[3] Balcev, T. *Reconstrucţia prizelor de apă de munte din sistemul Batak.* Hidrotéhnika i Melioraţiia nr. 9, 1966.

(Articol intrat în redacţie la 25 iulie 1967)

---

*) Relaţii analitice pentru bazinele mici, stabilite de ing. M. Goldştein din ISPH.

Folosirea calculatoarelor electronice pentru studiul rețelelor de aducțiuni secundare la centrale hidroelectrice

V. Cristea și E. Călușeriu *)

Dimensionarea tehnico-economică a rețelelor de aducțiuni secundare la amenajări hidroenergetic implică studiul unui număr foarte mare de variante, determinate de factori hidrologici, topografici, energetici, hidraulici și constructivi. Datorită diversității parametrilor variabili, numărului mare de captări și complexității rețelelor, rezolvarea acestei probleme în timp util și cu un grad suficient de precizie nu este posibilă decît prin folosirea calculatoarelor electronice.

Aspectele hidroenergetice ale problemei sînt analizate în articolul „Optimizarea rețelelor de aducțiuni secundare la centrale hidroelectrice"**), în studiul de față fiind preluate rezultatele obținute și tratate sub aspectul posibilităților de programare și automatizare a calculelor.

Determinarea schemei optime a unei rețele gravitaționale complexe

Funcția care stabilește limitele economice ale unei rețele gravitaționale simple are următoarea expresie:

$$Z = UI_M \sum_{x=1}^{t} L_i + Um \sum_{x=t}^{n} \frac{L_x}{\sqrt{J_x}} \left[\sum_{1}^{x} k_i q_i \left(S_{0i} - \sigma_i \sum_{n}^{x} L_i \; J_i \right) + \right.$$

$$\left. + \sum_{1}^{x} Q_{0i} \right] + U \sum_{x=1}^{n} C_x + V \sum_{x=1}^{n} \varepsilon_x \; q_x \left(S_{0x} - \sigma_x \sum_{n}^{x} L_i \; Ji \right),$$

în care notațiile au următoarea semnificație:

U, V — constante care depind de parametrii energo-economici de comparație cu centralele termoelectrice;
i_M — indicele de cost (lei/m) al secțiunii minime constructive;
m — modulul de variație a investițiilor pe metru liniar de aducțiune, în funcție de coeficientul de debit;
L_i — lungimea tronsoanelor de aducțiune între două captări consecutive;
J_i — panta aducțiunilor;
ε_i — coeficient de captare;
k_i — coeficient de instalare la captări;
S_{0i} — suprafața bazinului de recepție a captărilor la cota lacului de acumulare principal;
σ_i — modulul de variație a suprafeței bazinului de recepție în funcție de cota punctului de captare;
q_i — debitul specific la punctul de captare ($m^3/s.km^2$);
C_x — costul captărilor;
Q_{0i} — debite instalate pe ramificații;
i, — numărul de ordine al captărilor de la periferie spre debușare;
t — numărul de ordine al captării pînă la care se aplică secțiunea minim constructivă.

Funcția z este definită prin următoarele relații suplimentare:

— caracteristicile bazinelor de recepție de forma:

$$\varepsilon_i = 1 - \frac{1}{100} e^{a(b-k_i)},$$

în care constantele a, b depind de suprafața bazinului de recepție, S_{0i};

— condiția

$$K_t = \frac{1}{\sqrt{J_t}} \left[\sum_{1}^{t} k_i \, q_i \left(S_{0i} - \sigma_i \sum_{n}^{t} L_i \; J_i \right) + \sum_{1}^{t} Q_{0i} \right] \leqslant M,$$

prin care se determină intervalul $1 - t$, M fiind coeficientul de debit pentru secțiunea minim constructivă.

Pentru determinarea schemei optime este suficient să se admită valori arbitrare, apropiate de cele probabile, pentru parametrii ε_i și J_i, calculîndu-se șirul de valori Z_{ij} în intervalul $i \in (1, n)$; $j \in (1, m)$. Soluția optimă va corespunde la $Z_{ij\,minim}$.

În vederea acestui calcul se stabilește schema maximală care va cuprinde captarea tuturor surselor de debit tehnic posibile. Rețeaua, avînd o configurație complexă, se studiază parcurgînd pe rînd fiecare ramură de la debușare pînă la punctul terminus, ca și cum ar fi o rețea simplă pe traseul căreia se racordează un șir de captări secundare, ramificațiile fiind înlocuite cu debitele Q_{0i}.

Schema logică a calculului este prezentată în figura 1.

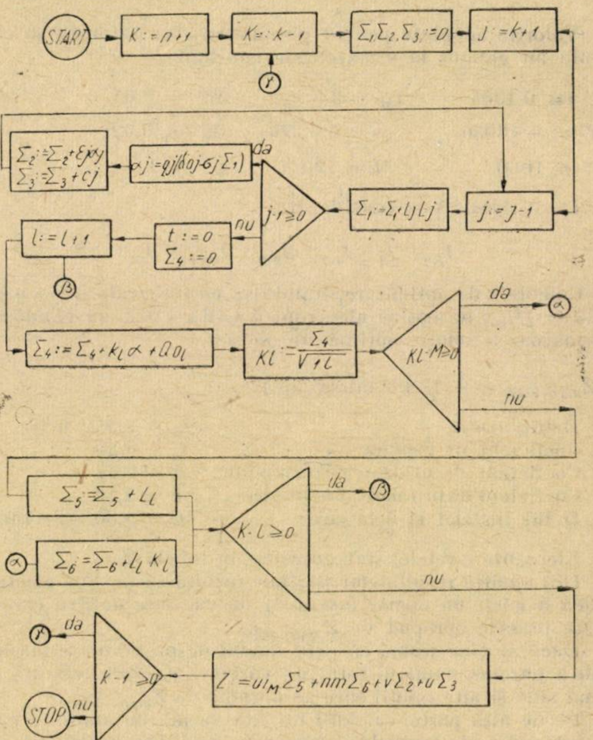


Fig. 1. Schema logică pentru determinarea configurației optime a unei rețele gravitaționale.

În cazul rețelelor compuse, debitele Q_{0i} intervin inițial ca elemente arbitrare, care se precizează pe măsura soluționării fiecărui traseu în parte. În astfel de cazuri, este necesară reluarea calculelor în cîteva cicluri, pînă se obțin valori satisfăcătoare pentru Q_{0i}.

II. Determinarea parametrilor optimi

A. *Cazul unei rețele pur gravitaționale*

Relațiile generale de dimensionare sînt:

$$Z = Ui_M \sum_{1}^{t} L_i + Um \sum_{x=t}^{n} L_x K_x + V (\varepsilon - \Delta \varepsilon' + \Delta \varepsilon'') \sum_{1}^{n} Q_i$$

$$Q_i = q_i \left(S_{0i} - \sigma_i \sum_{n}^{x} L_i \, J_i \right)$$

---

*) Vasilica Cristea și Eugenia Călușeriu sînt matematicieni la Institutul de studii și proiectări hidroenergetice.

**) Vezi numărul de față al revistei, p. 103–111.

$$\varepsilon_i = f(k_i) \text{ pentru } S = S_{0i}$$

$$\varepsilon - \Delta\varepsilon' = f(k_a) \text{ pentru } S = \sum_{1}^{n} S_{0i}$$

$$Q_a = \varphi k_a \sum_{1}^{n} Q_i$$

$$K_x = \frac{Q_{x\,inst}}{\sqrt{J_x}},$$

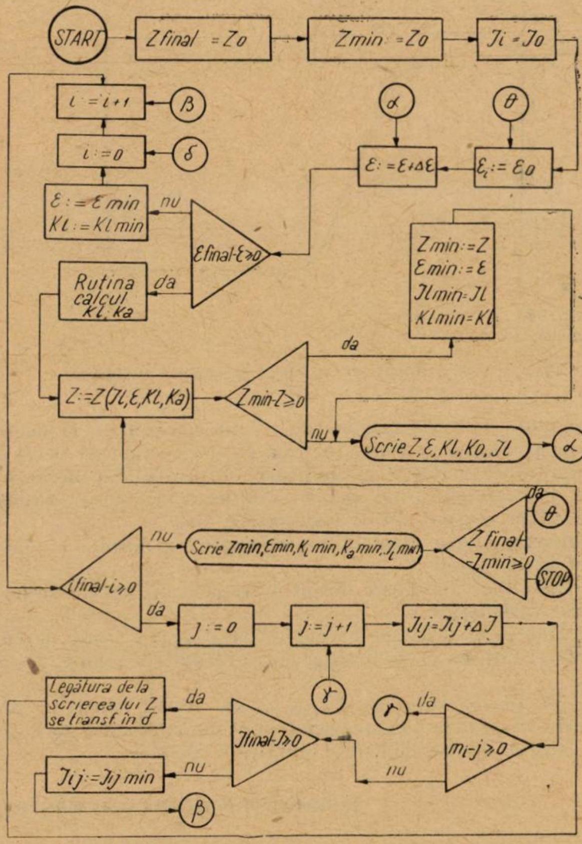

START
Zfinal = Zo
Zmin = Zo
Ji = Jo
i = i+1
β
i = 0
δ
α
θ
ε: = ε+Δε
εi := εo
ε: = ε min
Kl: = Kl min
nu
εfinal-ε≥0
Zmin: = Z
εmin: = ε
Jlmin = Jl
Klmin = Kl
Rutina calcul Kl, Ka
da
da
Z: = Z(Jl, ε, Kl, Ka)
Zmin-Z≥0
nu
Scrie Z, ε, Kl, Ko, Jl
α
da
θ
nu
Scrie Zmin, εmin, Kl min, Ka min, Jl min
Z final -Zmin≥0
STOP
ifinal-i≥0
da
j: = 0
j: = j+1
Jij = Jij+ΔJ
Legătura de la scrierea lui Z se transf. în δ
da
γ
γ
da
Jfinal-J≥0
mi-j≥0
nu
nu
Jij: = Jij min
β

Fig. 2. Schema logică a programului de calcul pentru optimizarea rețelelor de aducțiuni în condiția nesimultaneității debitelor captate.

în care notațiile suplimentare care intervin au semnificația:

$Q_{x\,inst}$ — debitul instalat pe derivație;

$\Delta\varepsilon'$ — intervalul de racordare a acestei caracteristici $\varepsilon = f(K)$ pentru debite captate;

$\Delta\varepsilon''$ — corecția la coeficientul de utilizare pe ansamblu;

φ — coeficient de siguranță.

Condițiile suplimentare sînt:

Dacă $Q_a \geqslant \sum_{1}^{x} k_i Q_i$, atunci $Q_{x\,inst} = \sum_{1}^{x} k_i Q_i + \sum_{1}^{x} Q_{0i}$.

Dacă $Q_a < \sum_{1}^{x} k_i Q_i$, atunci $Q_{x\,inst} = Q_a + \sum_{1}^{x} Q_{0i}$.

Dacă $k_x \leqslant M$ în intervalul $1 - t$, se determină $Ui_M \sum_{1}^{t} L_i$.

Dacă $K_x > M$ în intervalul $t - n$, se determină $Um \sum_{x=t}^{n} L_x k_x$

Parametrii variabili sînt:

— coeficientul de captare ε, unic la toate punctele de captare;

— pantele $J_{1a} J_{ab} \ldots J_{mn}$ pe tronsoane de aducțiuni determinate de valorile maxime ale coeficienților σ_i.

Schema logică din figura 2 reflectă următorul procedeu de calcul:

— se adoptă valori inițiale convenționale pentru variabilele ε, $J_{1a}, J_{ab} \ldots J_{mn}$, de preferință la limita inferioară a domeniului de calcul;

— se variază cu pasul $\Delta\varepsilon$, variabila ε, parametrii J păstrîndu-se constanți.

După criteriul Z_{min} se obține o valoare îmbunătățită a coeficientului de captare ε.

În continuare se optimizează succesiv pantele J după aceeași metodă.

Numărul de cicluri de calcul rezultă din condiția de a se obține valoarea minimă absolută a funcției Z.

Schema logică pentru calculul funcției Z este arătată în figura 3 *A*.

B. Cazul unei rețele care alimentează o stație de pompare

În acest caz, criteriul de comparație are forma:

$$Z = Ui_M \sum_{1}^{t} L_i + Um \sum_{x=t}^{n} L_x K_x +$$

$$+ V(\varepsilon - \Delta\varepsilon' + \Delta\varepsilon'') \sum_{1}^{n} Q_i + WQ_a,$$

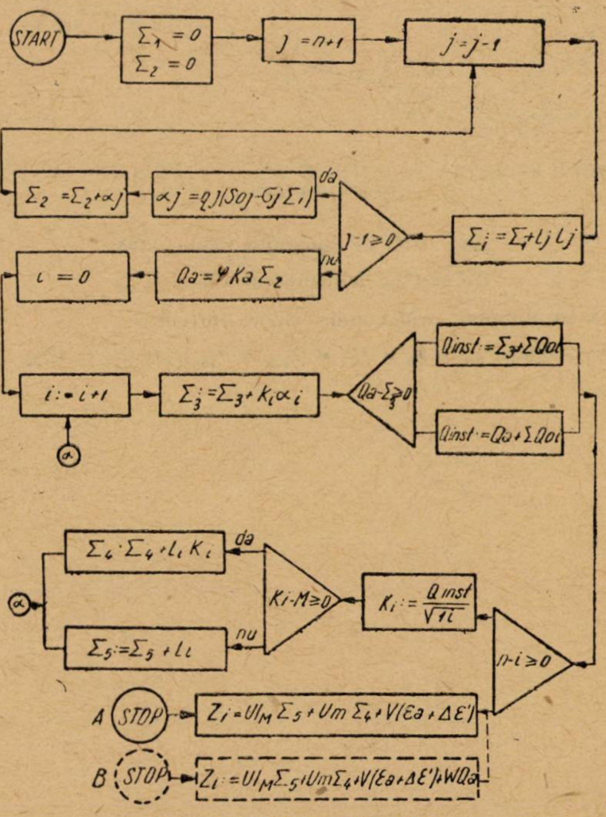

START
Σ1 = 0
Σ2 = 0
j = n+1
j = j-1
Σ2 = Σ2+αj
αj = qj(Soj-σj Σ1)
da
j-1≥0
nu
Σ1 = Σ1+lj Lj
i = 0
Qa = φ Ka Σ2
Qinst = Σ3+ΣQoi
i: = i+1
Σ3 = Σ3+ki αi
Qa-Σ3≥0
Qinst = Qa+ΣQoi
α
Σ4 = Σ4+li Ki
da
α
Ki-M≥0
Ki := Q inst / √Ji
nu
Σ5 := Σ5+li
n-i≥0
A
STOP
Zi = UIM Σ5 + Um Σ4 + V(εa + Δε')
B
STOP
Zi = UIM Σ5 + Um Σ4 + V(εa + Δε') + WQa

Fig. 3. Schema logică a funcției z:
A – rețea pur gravitațională; *B* – rețea ce alimentează o stație de pompare.

în care notația suplimentară W reprezintă o constantă care conține parametrii energo-economici ai stației de pompare.

Rămîn valabile relațiile și condițiile suplimentare de la cazul *A*.

Schema logică de calcul a funcției z este reprezentată în figura 3.

C. *Cazul unei rețele gravitaționale alimentată pe traseu de stația de pompare*

Criteriul de comparație are forma:

$$z = Ui_M \sum_{1}^{t} L_i + Um \sum_{x=t}^{n} L_x K_x + V(\varepsilon - \Delta\varepsilon' + \Delta\varepsilon'') \sum_{1}^{n} Q_i +$$

$$+ W_1 \sum_{n}^{p_1} L_i J_i + W_2 \sum_{n}^{p_2} L_i J_i + \ldots + W_m \sum_{n}^{p_m} L_i J_i,$$

în care indicii $p_1, p_2, \ldots, p_m$ indică punctele de debușare a conductelor de refulare, iar constantele $W_1, W_2, \ldots W_m$ includ parametrii energo-economici ai stațiilor de pompare.

Schema logică a funcției Z este similară.

III. Aplicații și rezultate practice

Pe baza schemelor logice analizate mai sus s-au întocmit programe de calcul la calculatorul electronic CIFA—102 pentru studiul unor rețele de aducțiuni secundare de tipul *B* și *C*, cu 15—20 captări secundare.

Pentru ilustrarea metodei de calcul și aprecierea calitativă și cantitativă a rezultatelor se dau în continuare unele elemente de calcul pentru o rețea care alimentează o stație de pompare (fig. 4), datele de bază fiind stabilite în partea hidroenergetică a studiului (vezi articolul menționat).

Ținînd seamă de gradul de precizie a datelor de bază, s-au adoptat următoarele intervale de calcul:

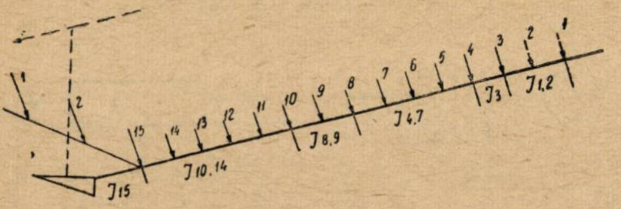


Fig. 4. Exemplu de rețea de aducțiuni secundare care alimentează o stație de pompare.

$$\Delta\varepsilon = 0{,}02 \text{ în domeniul } 0{,}80 \div 0{,}98.$$

$$\Delta J = 1‰ \text{ în domeniul } 1‰ \div 6‰$$

S-au adoptat următoarele valori inițiale:

$$\varepsilon = 0{,}80, J_{1.2} = J_3 = J_{4.7} = J_{8.9} = J_{10-14} = J_{15} = 1‰.$$

În diagrama din figura 5 s-a reprezentat modul de variație a criteriului de comparație z în funcție de numărul încercărilor și ciclurilor.

Au fost necesare 102 încercări, respectiv două cicluri pentru a se obține valoarea $Z_{min \cdot min}$.

Timpul de funcționare a mașinii pentru o încercare a rezultat de 40 s. Timpul de calcul pentru un ciclu rezultă 30 min.

Pentru soluționarea problemei s-au consumat în total două ore-mașină.

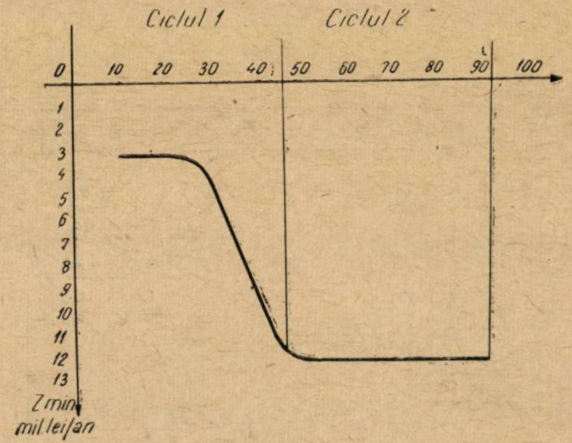


Fig. 5. Variația criteriului z în funcție de numărul variantelor.

Eficiența folosirii mașinii de calcul electronice la acest gen de probleme se constată dacă se ține seamă că pentru calculul unei variante cu mijloace obișnuite sînt necesare două ore, timpul total pentru obținerea aceluiași rezultat prin calcul obișnuit ar fi fost de 200 ore.

Din examinarea elementelor calculate de mașină se desprind următoarele:

1. Criteriul z descrește destul de repede în funcție de numărul variantelor.
2. Domeniul valorilor apropiate de $Z_{min \cdot min}$ este destul de mare, fără ca el să conțină toate variantele tehnice posibile.
3. Ca atare, valoarea $Z_{min \cdot min}$ nu poate constitui un criteriu absolut în alegerea soluției, ci numai o cifră de control care să fixeze domeniul soluțiilor optime.

(Articol intrat în redacție la 25 iulie 1967)

Divizoare de înaltă tensiune pentru măsurători la încercările experimentale în sistemul energetic

Ing. B. Popa,*)

1. Considerații generale

Dezvoltarea rețelelor de înaltă și foarte înaltă tensiune (220 și 400 kV) necesită efectuarea încercărilor experimentale de determinare a supratensiunilor interne (de comutație și de rezonanță). Dat fiind nivelul ridicat de rezistență la supratensiuni atmosferice, izolația acestor linii este condiționată în primul rînd de mărimea supratensiunilor interne și, în consecință, determinarea acestora în diferite configurații de rețea posibile în exploatare este necesară pentru a putea fixa schemele de conexiuni admise și măsurile de protecție care se impun.

Măsurarea supratensiunilor interne, respectiv a proceselor tranzitorii necesită utilizarea unei scheme formată din divizoare de tensiune, cablu coaxial de legătură și oscilograf catodic cu baleiaj mecanic. Această schemă principială de măsură este unanim acceptată. Înregistrarea supratensiunilor cu ajutorul oscilografelor cu bucle conectate la transformatoare de tensiune este considerată ca o măsurare brută, folosită ca rezervă, îndeosebi pentru determinarea regimului stabilizat. Acest lucru este determinat de faptul că, pe de o parte, transformatoarele de măsură transmit supratensiunile pe partea secundară cu o deformare cu atît mai mare cu cît frecvența oscilațiilor este mai mare [1], [2], [3], iar pe de altă parte oscilografele cu bucle au frecvența de lucru pînă la cîțiva kHz, ceea ce face ca la fenomene mai rapide buclele să nu mai poată urmări desfășurarea procesului.

Divizoarele de tensiune utilizate pentru măsurători pot fi : rezistive, capacitive, rezistive-capacitive.

Alegerea unui tip sau a altuia de divizor depinde de posibilitățile tehnice de execuție, de performanțele care se pot obține și de obiectivele la care se folosesc. Ținînd seamă de aceste considerente, s-a adoptat soluția realizării divizoarelor rezistive-capacitive, care prezintă următoarele avantaje importante :

— permit lucru într-un domeniu de frecvență acceptabil ;

— permit înregistrarea tensiunii remanente ;

— se pot utiliza cu materiale uzuale indigene.

Divizoarele care s-au realizat s-au prevăzut pentru măsurarea supratensiunilor în rețele de 220 și 400 kV. Acestea trebuie să permită efectuarea măsurătorilor și pe timp de ploaie și ninsoare și trebuie să furnizeze, la bornele elementului de joasă tensiune, tensiuni reglabile între 30 și 200 V (valori uzuale pentru diferite tipuri de oscilografe) ; pentru ca divizorul să poată măsura tensiunea remanentă pe linie, constanta lui de timp trebuie să fie aproximativ 60 ms (3 perioade).

Întrucît măsurătorile se fac în diferite puncte din sistem, este necesar ca divizoarele să fie transportabile.

Caracteristica de frecvență a divizoarelor trebuie să fie uniformă pînă la valori ale oscilațiilor de circa 20 kHz, ceea ce asigură înregistrarea fenomenelor care apar la comutație sau la rezonanță.

În cele ce urmează se prezintă măsurile luate la proiectarea divizoarelor pentru obținerea performanțelor impuse, încercările de laborator și de rețea efectuate asupra montajelor experimentale, precum și concluziile asupra caracteristicilor obținute.

2. Proiectarea și realizarea divizoarelor de tensiune

Proiectarea divizoarelor a necesitat stabilirea mai întîi a schemei electrice și apoi proiecarea construcției propriu-zise a divizoarelor.

2.1. *Stabilirea schemei electrice*

Condensatoarele utilizate au tensiunea nominală în curent continuu de 1000 V, sînt confecționate din hîrtie uleiată și au capacitatea de 0,1 μF.

Fabrica constructoare a indicat ca tensiunea de funcționare în regim de lungă durată să fie de 380—400 V_{ef}.

Un lot de condensatoare a fost supus probelor de durată și pe baza datelor obținute s-a trasat curba din figura 1.

Din curbă rezultă că tensiunea de 1000 V_{ef} a fost suportată de condensator mai mult de 6 ore, tensiunea de 1500 V_{ef} o durată de 40 minute, iar la tensiunea de 2800 V_{ef} condensatoarele au fost străpunse imediat.

Admițînd un coeficient de supratensionare egal cu 3, tensiunea de încercare pe care trebuie să o suporte condensatorul este de 1140—1200 V_{ef}, curba prezentată în figura 1 arătînd posibilitatea încercării condensatoarelor la această tensiune. Pentru divizorul de 400 kV, numărul de condensatoare necesare se stabileşte din relaţia:

---

*) Popa Badea este inginer la Intreprinderea pentru raționalizarea și modernizarea instalațiilor energetice.

$$n = \frac{U_{nom}}{\sqrt{3}\,U_{max}} = \frac{400}{\sqrt{3}(0{,}38 \div 0{,}4)} = 590 - 610 \text{ condensatoare.}$$

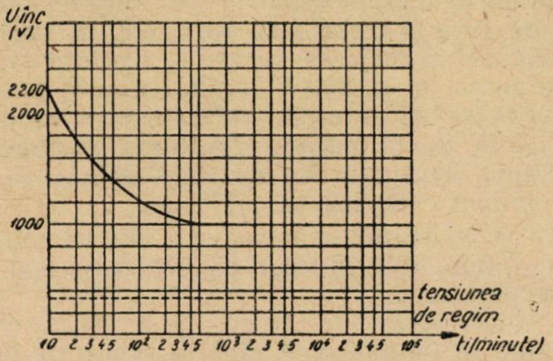


Fig. 1. Caracteristica de durată a condensatoarelor 0,1 μF; 1000V.

S-a luat un număr de 605 condensatoare, ceea ce face posibilă obţinerea unei tensiuni de încercare de circa 730 kV_{ef}, cerută de standardul 6489–61 pentru aparatele de 400 kV. Această valoare este suficient de acoperitoare, deoarece, spre deosebire de aparatajul de comutaţie, divizoarele de tensiune au o durată limitată de funcţionare sub tensiune (perioada de probă).

Rezistenţele divizorului se montează în paralel cu fiecare condensator. Pentru asigurarea unei repartiţii bune a tensiunii şi a unei caracteristici de frecvenţă cît mai uniforme, este necesar ca la toate celulele constanta de timp τ să fie egală cu constanţa impusă (60 ms).

Rezistenţele de 0,6 MΩ trebuie să aibă o capacitate termică suficientă pentru degajarea căldurii produse de curentul care trece prin ele sub acţiunea tensiunii nominale.

Capacitatea termică necesară este 0,24 W; luînd în considerare şi acţiunea supratensiunilor de scurtă durată, precum şi din motive de siguranţă, rezistenţele s-au ales de 1W, 0,6 MΩ.

Pentru uşurinţa construcţiei, divizorul se realizează din elemente, fiecare element avînd 11 etaje, în care sînt montate cîte 11 celule RC.

În acest mod pot lucra simultan mai multe etaje independente, care pot fi încercate şi verificate independent, ca apoi să fie asamblate într-un element.

Schemele electrice de conexiuni ale elementului de înaltă şi joasă tensiune sînt prezentate în figura 2. Din schemă rezultă modul în care trebuie legate celulele într-un etaj şi poziţia reciprocă a etajelor pentru a reduce la minimum inductanţa parazită.

Elementul de joasă tensiune se realizează din celule RC, a căror constantă de timp este egală cu cea a elementului de înaltă tensiune. Pentru realizarea diverselor rapoarte de divizare s-au prevăzut mai multe celule comutabile. La determinarea raportului de divizare s-a avut în vedere conectarea la divizor a unui oscilograf catodic cu impedanţa de intrare de 1 MΩ, printr-un cablu coaxial lung de 100 m, capacitatea C a cablului fiind de 7000 pF, iar impedanţa caracteristică de 70 Ω.

Prima celulă a elementului de joasă tensiune rămîne conectată în permanenţă, evitîndu-se astfel intrarea tensiunii înalte în circuitele de măsură la comutarea de pe o treaptă pe alta.

Tabela 1

Comparaţia valorilor obţinute cu cele standardizate

Tens. nominală kV	Tensiunea de încercare conf. STAS, kV	Nr. de elemente	Tensiunea de încercare reală, kV
400	630	5	400 (680)
—	—	4	400 (570)
220	360	3	370
110	135	2	195
35	85	1	160–190

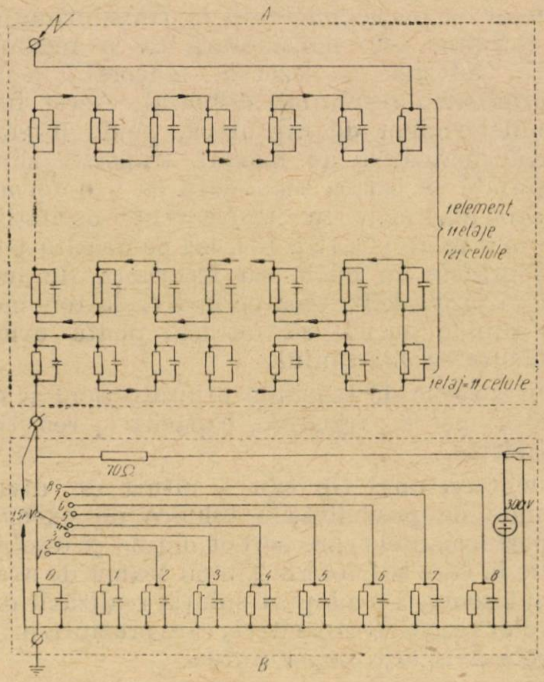


Fig. 2. Schema electrică a unui element al divizorului: *A* – elementul de înaltă tensiune; *B* – elementul de joasă tensiune.

Elementul de joasă tensiune este protejat cu ajutorul unui eclator, a cărui tensiune de amorsare este de 1,5 kV, şi un tub de protecţie cu gaz cu tensiunea de amorsare de 300 V. Elementul s-a ecranat prin montarea într-o cutie metalică. Între cursorul comutatorului şi ieşire s-a montat o rezistenţă neinductivă, egală cu impedanţa de undă a cablului, pentru a evita reflexiile la divizor.

2.2. *Stabilirea construcţiei divizoarelor*

Pentru uşurinţa de construcţie, montare şi eventual reparare, fiecare element al divizorului se realizează din 11 etaje (fig. 3), care cuprind cîte 11 celule RC legate conform schemei din figura 2. Fiecare etaj constituie o unitate de sine stătătoare, fiind executat sub forma unui mosorel din pertinax, între capetele căruia pe un arc de cerc se prind celulele RC.

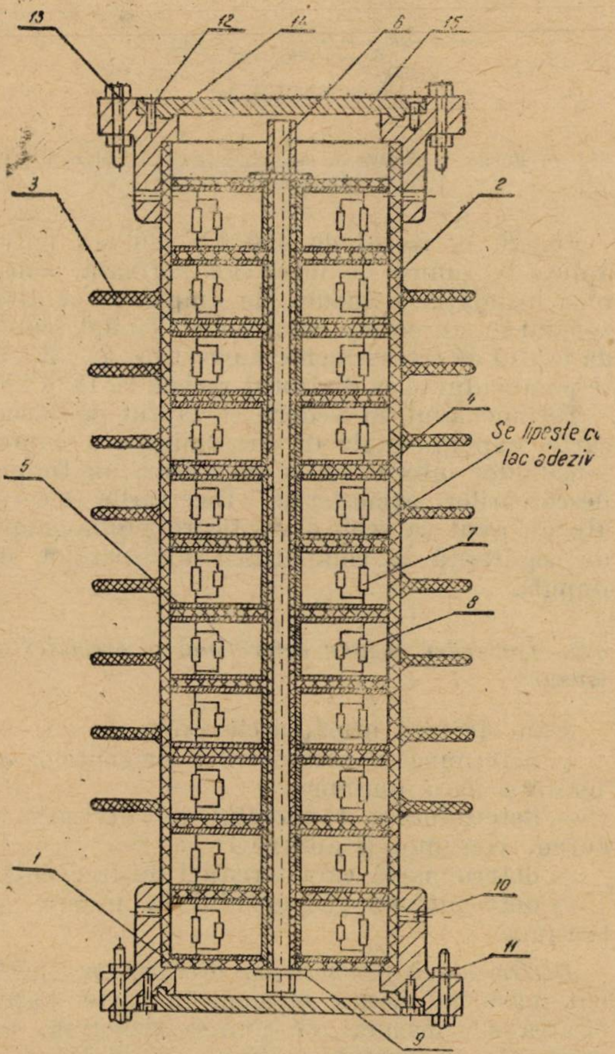


Fig. 3. Ansamblu element divizor capacitiv :

1 – armătură silumin; *2* – izolatoare; *3* – flanşe; *4* – distanţoare; *5* – suport condensatoare şi rezistenţe; *6* – tije de ghidaj; *7* – condensatoare; *8* – rezistenţe; *9* – ştift de fixare; *10* – prezon M8 × 20; *11* – şurub hexagonal cu piuliţă M10 × 60; *12* – şurub cap cilindric M6 × 25; *13* – şurub hexagonal cu piuliţă M10 × 90; *14* – garnitură cauciuc; *15* – capac armătură.

Asamblarea tuturor etajelor s-a făcut cu ajutorul unui tub de pertinax, care a traversat plăcile distanţoare şi mosoarele care susţin cele 11 unităţi-etaje.

Cele 11 unităţi s-au introdus într-un tub de steclotextolit, prevăzut la capete cu armături de fixare din aluminiu, iar armăturile s-au fixat de tub prin şuruburi şi răşină epoxidică.

Pentru a putea realiza legăturile la cele două capace şi pentru a monta şi demonta unităţile, cele două armături au fost prevăzute cu capace care se prind prin şuruburi. Deoarece mediul interior de izolare este uleiul, la îmbinarea capacelor cu armături s-au prevăzut garnituri de etanşare.

Partea exterioară a tubului s-a prevăzut cu renuri aplicate, realizate din placă de steclotextolit, în scopul măririi liniei de fugă. Considerînd o linie de fugă de 2 cm/kV, necesară pentru aparatele de staţie, montate în zone cu depuneri moderate, lungimea necesară pentru 400 kV va fi de 800 cm. Lungimea existentă, considerînd şi armăturile de îmbinare, va fi :

$$L_{ext} = (90{,}5 - 6)\,5 = 420\,\text{cm}.$$

Montînd pe fiecare element cîte opt renuri late de 6,5 cm, se obţine o lungime suplimentară de 520 cm. Lungimea căii specifice devine $\frac{(420 + 520)}{400} = 2{,}35\ \text{cm/kV} > 2\ \text{cm/kV}$.

Prinderea renurilor de tub se face cu răşini epoxidice.

Elementul de joasă tensiune se realizează într-o cutie metalică, este independent, iar ieşirea cablului coaxial se face prin mufă.

3. Încercări de laborator asupra divizoarelor

Încercările de laborator au avut ca scop verificarea condiţiilor funcţionale ale divizoarelor şi stabilirea domeniului lor de utilizare. S-au efectuat în principiu două genuri de încercări :

— încercări de verificare a tensiunilor de ţinere (la frecvenţa industrială şi la impuls);

— încercări pentru determinarea erorilor de măsură.

3.1. *Încercări de verificare a tensiunilor de ţinere*

Încercarea la frecvenţă industrială s-a efectuat în Laboratoarele centrale „Electroputere". Divizorul a rezistat încercării fără a-şi modifica caracteristicile (în timpul celor cinci minute de încercare la tensiunea maximă, curentul prin divizor nu a variat), iar pe de altă parte raportul de divizare măsurat nu a depins de tensiunea aplicată.

S-a încercat apoi fiecare element în parte la tensiuni variabile între 100 kV şi 160 kV, iar unul din elemente pînă la 190 kV. Rezultatele încercărilor la frecvenţă industrială sînt concretizate în tabela 1.

Din tabela 1 se vede că pentru divizoarele de 35, 110 şi 220 kV, încercarea s-a făcut cu tensiunea prevăzută de STAS, cu deosebirea că valoarea de încercare a fost ţinută timp de 5 minute (în loc de 1 minut).

Pentru divizorul de 400 kV nu s-a putut face încercarea din lipsă de instalaţii corespunzătoare. Tensiunile indicate în paranteză pentru elementele 4 şi 5 sînt obţinute pe baza încercărilor individuale, considerînd repartiţia tensiunii de-a lungul divizorului.

Datele obţinute referitoare la repartiţia tensiunii sînt cuprinse în tabela 2.

Tabela 2

Repartiţia tensiunii pe divizor

Numărul de elemente ale divizorului	Repartiţia procentuală pe elemente			
	II	II	III	IV
4	24	24	25	28
3	34	33	33	—
2	50	50	—	—

Din analiza datelor rezultă o repartiţie bună a tensiunii pe divizoare : tensiunea pe elementul superior creşte cu 12% faţă de valoarea medie ; ca urmare, tensiunea de încercare pe fiecare element a fost mărită cu 12% faţă de o tensiune de încercare obţinută prin împărţirea tensiunii de încercare cu numărul de elemente ale divizorului.

Încercări la tensiunea de impuls. Încercările la tensiunea de impuls s-au făcut folosind schema din figura 4, realizată în Laboratorul central „Electroputere".

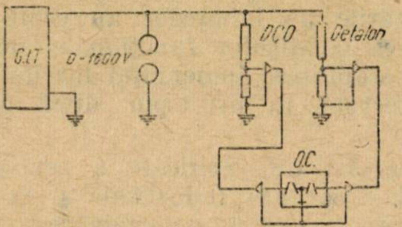


Fig. 4. Schema de încercare la impuls de tensiune.

Tensiunile de încercare folosite şi normate sînt cuprinse în tabela 3.

Tabela 3

U_{nom}, kV	Număr de elemente	Tensiunea de încercare conf. STAS, kV	Tensiunea de încercare în laborator, kV
400	5	1425	1000
—	4	—	1000
220	3	825	825
110	2	450	450
35	1	195	200—300

Divizorul a rezistat în bune condiţii la aplicarea a zece impulsuri de valoare indicată. Forma tensiunii obţinute prin divizorul încercat şi alte două divizoare-etalon este prezentată în figura 5.

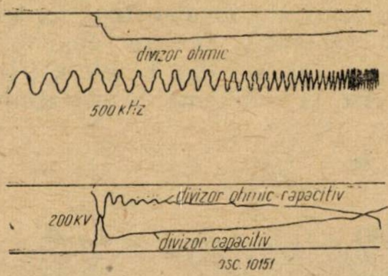


Fig. 5. Forma tensiunii de încercare obţinută prin diferite divizoare.

Pentru divizorul de 400 kV nu s-a putut aplica tensiunea de încercare normată, deoarece instalaţia şi modul de amplasare a divizorului nu au permis acest lucru. Ţinînd seamă de faptul că trei elemente au rezistat la 825 kV, se poate admite că divizorul rezistă la 1425 kV.

Trebuie avut în vedere şi faptul că încercările experimentale de determinare a supratensiunilor interne nu se efectuează în timpul descărcărilor atmosferice. Încercările efectuate au avut ca scop o verificare suplimentară de siguranţă a comportării divizoarelor de impuls.

3.2. *Încercări pentru determinarea preciziei de măsură*

S-au efectuat următoarele probe :

— determinarea parametrilor elementelor de înaltă şi joasă tensiune ;

— determinarea raportului de divizare în curent continuu şi alternativ ;

— determinarea caracteristicii de frecvenţă ;

— determinarea răspunsului la impuls de tensiune.

Determinarea parametrilor divizoarelor s-a făcut măsurînd fiecare element în parte. Capacitatea s-a măsurat cu puntea Schering, iar rezistenţa în curent continuu de înaltă tensiune prin metoda voltampermetrului ; valorile obţinute pentru cele 15 elemente existente sînt cuprinse în tabela 4.

Abaterea faţă de valoarea calculată este de 8% pentru capacităţi şi 9% pentru rezistenţe. Abaterea este o consecinţă a faptului că valorile elementelor din care s-au executat divizoarele au o dispersie indicată de fabrică de 10%. Elementele de joasă tensiune ale divizoarelor au fost măsurate în structură completă : elementul de joasă tensiune, cablul coaxial de legătură, impedanţa de 1 MΩ (reprezentînd impedanţa de intrare a oscilografului). Măsurarea s-a făcut la bornele de

Tabela 4

Caracteristicile elementelor de înaltă tensiune

Numărul de ordine	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Valoarea calculată
R, MΩ	73,4	73,4	71,5	75,2	73,2	73,5	73	72	71,5	71,5	71,5	72,5	72,5	74	74	72
C, pF	890	868	845	865	866	864	865	864	872	875	862	864	854	866	820	825
RC, ms	65	68	65,5	65	65	63	63	62,4	62,5	62,5	62	62,5	62	64	61	60

Tabela 5

Parametrii divizoarelor de joasă tensiune (pentru 35 kV)

Nr. elementelor	Poziția comutatorului	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	R	0,670	0,4193	0,3204	0,2494	0,2078	0,1822	0,1554	0,1381	0,1281
	C	0,104	0,146	0,2038	0,2478	0,2985	0,3433	0,4082	0,430	0,4786
	RC	70	61,1	65,2	61,4	62	62,5	63,5	59,5	58

legare la elementul de înaltă tensiune cu ajutorul punții de joasă tensiune, avînd precizie de 10^{-3}.

Valorile obținute sînt cuprinse în tabela 5 pentru un element și au fost măsurate pentru diferite poziții ale comutatorului elementului de joasă tensiune.

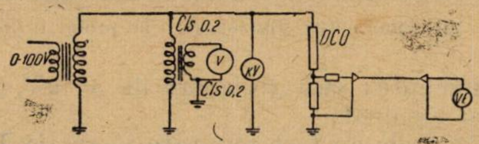


Fig. 6. Schema pentru determinarea raportului de divizare la frecvență industrială.

A rezultat că valoarea constantei RC variază în limitele 59—74 ms (valorile mai mari sînt pentru pozițiile 0 și 1 ale comutatorului), fiind apropiate de constantele RC ale elementelor de înaltă tensiune, care variază între 60 și 68 ms.

Determinarea raportului de divizare în curent continuu și alternativ. Pentru determinarea raportului de divizare în curent alternativ s-a utilizat schema din figura 6.

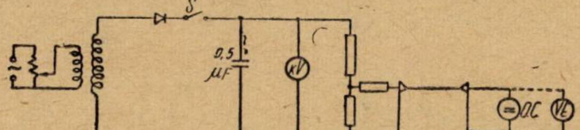


Fig. 7. Schema pentru determinarea răspunsului și a raportului de divizare în curent continuu.

Ca aparat-etalon s-a folosit un transformator-etalon clasa 0,2 și voltmetru-etalon; ca indicator suplimentar — kilovoltmetru electrostatic.

Tensiunea la ieșirea divizorului a fost măsurată cu voltmetrul electronic cu impedanța de intrare de 5 MΩ, clasa 1.

Pentru mărirea preciziei de măsurare, scara voltmetrului electronic a fost verificată cu ajutorul unui voltmetru clasa 0,2, prin alimentarea acestora în prealabil de la o sursă exterioară.

Pentru determinarea raportului de divizare în curent continuu s-a folosit schema din figura 7.

În schemă, condensatorul de 0,5 μF asigură o filtrare bună a tensiunii. Măsurarea tensiunii înalte s-a făcut cu un kilovoltmetru electrostatic, etalonat în prealabil, în curent alternativ; tensiunea joasă s-a măsurat cu voltmetrul electronic, gradat în prealabil cu un voltmetru de clasă 0,5.

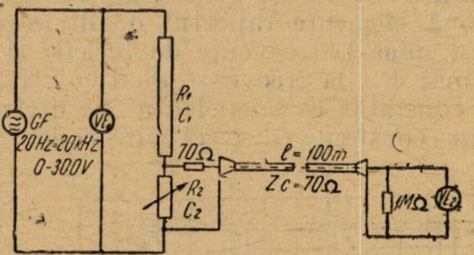


Fig. 8. Schema pentru ridicarea caracteristicii de frecvență a divizoarelor.

Tensiunile aplicate unui element au fost variate între 10 și 40 kV în curent alternativ și între 5 și 25 kV în curent continuu.

Datele obținute au arătat că raportul de divizare nu variază cu tensiunea aplicată atît în curent continuu cît și alternativ; rapoartele de divizare în curent continuu și alternativ sînt practic egale, diferența dintre ele fiind de maximum 8%. O diferență mai mică se poate realiza prin ajustarea rezistențelor din elementele de joasă tensiune; acest lucru însă nu este absolut necesar pentru scopul în care sînt folosite aceste divizoare.

Determinarea caracteristicilor de frecvență. Pentru indicarea caracteristicilor de frecvență s-a folosit schema din figura 8.

Schema de măsurare s-a făcut cu schema completă a divizorului (divizor, cablu coaxial, rezistența oscilografului).

Voltmetrele electronice VE_1 și VE_2, cu care s-a măsurat tensiunea de intrare și ieșire, au fost de același tip, avînd caracteristici interne de frecvență identice.

Caracteristica de frecvență dă o imagine asupra comportării divizorului la măsurarea supratensiunilor de comutație.

Raportul de divizare a divizorului format din elementele R_1 și C_1 de înaltă tensiune și R_2C_2 de joasă tensiune este în cazul general dat de relația :

$$\eta(j\omega) = \frac{R_2(1 + j \cdot R_1 \cdot C_1\omega)}{R_2(1 + jR_1 \cdot C_1\omega) + R_1(1 + jR_2C_2\omega)}.$$

Raportul în valoare absolută este :

$$\eta(\omega) = \frac{R_2}{R_2 + R_1}\sqrt{\frac{1 + R_1^2\, C_1^2\, \omega^2}{1 + \left(\frac{R_1\; R_2}{R_1 + R_2}\right)^2 (C_1 + C_2)^2\, \omega^2}}.$$

Atunci cînd $R_1C_1 = R_2C_2$,

$$\eta(\omega) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{C_1}{C_1 + C_2}$$

și raportul de divizare este independent de frecvență.

Eroarea divizorului este cu atît mai mică cu cît constantele R ale elementelor de înaltă și joasă tensiune sînt mai apropiate.

Din analizele curbei ridicate experimental în figura 9 rezultă că pentru divizorul format din două elemente raportul de divizare este constant pînă la frecvențe de 40 kHz și scade cu numai 4% la frecvențe de 100 kHz.

S-a constatat că coeficientul de divizare se menține constant cu frecvența pentru toate pozițiile comutatorului elementului de joasă tensiune. Din datele obținute a rezultat că divizoarele pot înregistra frecvențe de la 20 Hz pînă la 40 kHz, fără atenuare ; înregistrarea oscilațiilor cu frecvențe între 40 și 100 kHz se face cu o atenuare care are valoarea maximă de $< 5\%$.

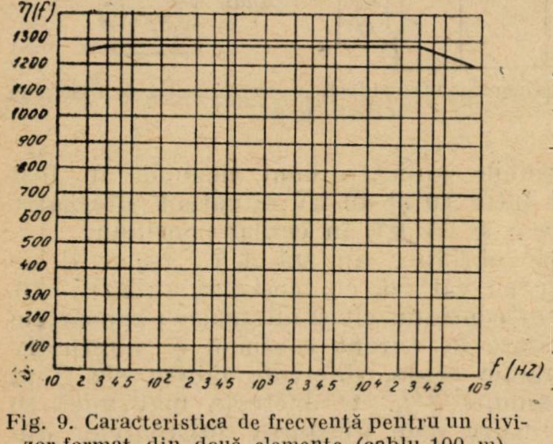


Fig. 9. Caracteristica de frecvență pentru un divizor format din două elemente (cablu 100 m).

4. Încercarea divizoarelor în rețea

Din cele 15 elemente executate s-au realizat : un divizor de 400 kV, format din cinci elemente ; un divizor de 220 kV, format din trei elemente ; șase divizoare de 35 kV, avînd cîte un element.

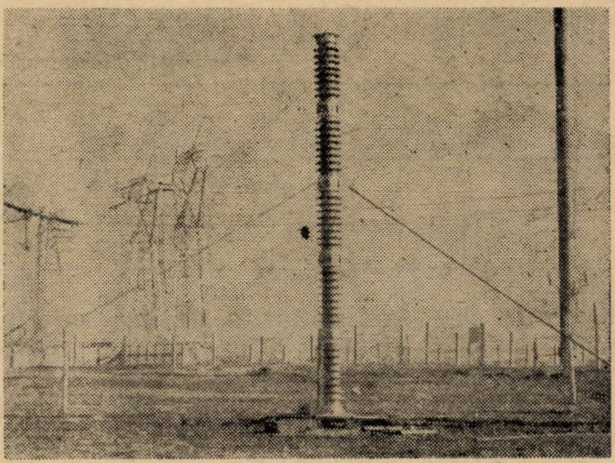


Fig. 10. Amplasarea divizoarelor la probe în rețea.

Divizoarele au fost montate în stația Luduș (fig. 10), cu ocazia probelor de trecere la 400 kV a liniei Luduș—Mukacevo-Lemesany.

Divizoarele de 400 și 220 kV au fost montate în paralel cu divizoarele de construcție poloneză pentru a se putea compara rezultatele obținute, iar divizoarele de 35 kV au servit ca elemente de măsură pentru partea de 35 kV a instalației.

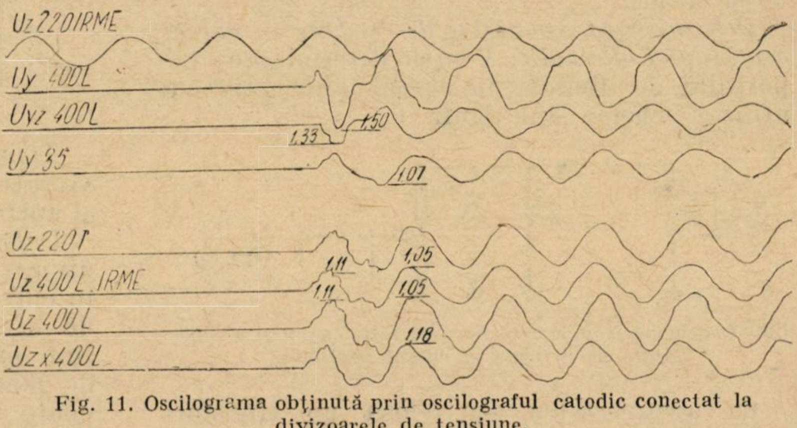


Fig. 11. Oscilograma obținută prin oscilograful catodic conectat la divizoarele de tensiune.

Pe baza experimentării s-au putut stabili următoarele :

— divizoarele s-au comportat bine la funcționarea de lungă durată : timp de 20 de zile divizoarele au funcţionat în medie cîte 3—4 ore sub tensiune, iar 4 zile au rămas sub tensiune 24 ore, fără a-şi modifica caracteristicile;

— divizoarele au funcţionat la temperaturi cuprinse între — 5 şi + 15°, pe timp de ploaie, ceaţă, brumă, lapoviţă şi ninsoare. Atît prin divizorul IEME cît şi prin divizoarele poloneze s-a obţinut, practic, aceeaşi formă de variaţie a tensiunii la bornele elementului de joasă tensiune (fig. 11);

— etanşarea divizoarelor a fost în mare majoritate bună: numai la un element s-a observat scurgere de ulei, ceea ce dovedeşte necesitatea unei mai bune etanşări a acestuia.

Concluzii

S-au proiectat şi realizat trei divizoare de 400 kV, care au fost experimentate în laborator şi în reţea. Pe baza rezultatelor obţinute se pot trage următoarele concluzii:

— divizoarele corespund din punctul de vedere al siguranţei de funcţionare, avînd acelaşi grad de izolaţie ca şi aparatajul din staţie; proba de funcţionare în regim de lungă durată şi probele de laborator cu tensiunea de frecvenţă industrială şi de impuls au confirmat acest lucru;

— divizoarele pot fi utilizate la tensiunile de 400, 220, 110 şi 35 kV, constituindu-se din 5, 3, 2 şi 1 element;

— divizoarele au un raport de divizare constant în banda de frecvenţă de 20 Hz şi 40 kHz, putînd înregistra astfel supratensiunile interne cu foarte bună exactitate;

— tensiunea la oscilograf poate fi reglată în limite largi (30—200 V), cee ce permite utilizarea pentru înregistrare a diferitelor oscilografe.

Bibliografie

[1] Popa, B. *Erorile de măsură ale schemelor de înregistrare a supratensiunilor interne.* Studii şi cercetări de energetică, nr. 4, 1963.

[2] Mihailov, I. A., Polovoi, I. F. şi Cerneaev, I. V. *Avtomaticeskaia reghistraţiia vnutrenih perenapriajenii v visokovoltnih setiah. Elektriceskie stanţii,* nr. 12, 1961.

[3] Mihailov, I. A., Polovoi, I. F., Cerneaev, I. V., Vasiliev, N. N., Verşkov, I. F., Gusev, V. S. *Isledovanie vnutrenih perenapriajenii v seti 500 kV Mosenergo.* Elektriceskie stanţii nr. 2, 1964.

[4] Kastenko, M. V. *Vnutrenie perenapriajenia v elektriceskih setiah visokovo napriajenia perenekuov toka 1961—1963.* Moscova, 1964.

(Articol intrat în redacţie la 3 august 1966)

Necesitatea protejării ignifuge şi anticorosive a cablurilor din staţii şi centrale electrice

Ing. M. Paltin *)

Deşi puţine la număr, avariile datorite cablurilor, ivite în unele staţii şi centrale electrice, au arătat că actualele mijloace de protecţie ignifugă a cablurilor din instalaţiile existente sînt insuficiente, mai ales în ce priveşte pericolul răspîndirii incendiului.

Problema protecţiei ignifuge îşi măreşte dimensiunile, dacă ţinem seamă că, pe lîngă zecile de mii de kilometri de cabluri pozate în instalaţii, mai există cantităţi importante care urmează a fi montate, cabluri care, avînd aceleaşi caracteristici constructive şi de izolaţie ca şi cele pozate, prezintă aceeaşi insuficientă protecţie ignifugă şi deci acelaşi pericol de propagare a incendiului.

Pe de altă parte, se ştie că în prezent protejarea cablurilor armate împotriva agenţilor corosivi se face prin acoperirea acestora cu bitum sau cu materiale textile impregnate cu bitum, materiale care se aprind şi ard cu uşurinţă. Rezultă deci că această protecţie este incompatibilă cu noţiunea de „rezistenţă la foc''.

1. Apariţia stării de incendiu

În instalaţiile de distribuţie a energiei electrice cablurile aflate sub tensiune se pot aprinde datorită fie apariţiei arcului electric, care presupune atingerea unor temperaturi de cîteva mii de grade, fie atingerii temperaturii de autoaprindere a unuia dintre materialele care intră în construcţia cablurilor. Cel mai solicitat din acest punct de vedere este materialul izolant, care de cele mai multe ori este alcătuit din produse uşor inflamabile sau combustibile. La atingerea unei temperaturi mai ridicate (150 — 200°C), materialul izolant (hîrtie impregnată, bitum, cauciuc) se încălzeşte şi degajă gaze, care se pot aprinde în anumite condiţii. Gazele dezvoltate sînt mai grele decît aerul şi nu se răspîndesc în atmosferă. Ele se colectează de obicei la baza canalului de cabluri, înconjurînd cablurile care, pe măsura încălzirii, dezvoltă noi cantităţi de gaze. În momentul în care apare o sursă de aprindere exterioară sau interioară (un arc electric), aceste gaze iau foc şi, dată fiind atmosfera inflamabilă creată în jurul cablurilor, incendiul se propagă, din aproape în aproape, de-a lungul cablurilor.

---

*) M. Paltin este inginer la Intreprinderea pentru raţionalizarea şi modernizarea instalaţiilor energetice.

Desfășurarea acestor fenomene este favorizată de prezența anumitor factori, care apar destul de frecvent în instalațiile de cabluri, ca : neomogenitatea stratului izolant, strangulări de izolație sau ale conductorului, suprasarcini, depășirea termenului de menținere a cablului în funcțiune, raze de curbură prea mici, cutii terminale și manșoane de derivație sau de legătură cu masa izolantă incorect turnată, surse radiante de căldură, coroziune chimică, infiltrații de umezeală etc. Toate acestea sînt aspecte ale unei construcții, montări sau exploatări necorespunzătoare ale cablurilor și pot constitui cauze care înlesnesc aprinderea cablurilor.

Dată fiind multitudinea de factori care pot influența negativ comportarea cablurilor, prin generarea și menținerea unei stări de incendiu, apare necesitatea luării unor măsuri eficiente de eliminare a acestor surse. Pentru aceasta pledează și efectele distructive ale unor avarii ivite în ultimii ani, datorită incendierii cablurilor.

2. Măsuri de protejare ignifugă și anticorosivă a cablurilor

Asigurarea protecției ignifuge și anticorosive a cablurilor prin alegerea corectă a materialelor de fabricație și a sistemelor constructive a constituit obiectul de studiu al multor colective de cercetători din țările cu industrie foarte dezvoltată și din țara noastră. Ca urmare a acestor studii s-a ajuns la omologarea unor noi tipuri de cabluri, care se pot utiliza cu succes în diferite medii industriale, fără ca să prezinte pericole de corodare sau de propagare a incendiilor.

Cunoașterea drumului parcurs, a experienței verificate în practica industrială este utilă și, în cele ce urmează, se face o scurtă prezentare a celor ce interesează atît pe producătorul de cabluri, cît mai ales pe proiectant, montator și beneficiarul instalației aflate în exploatare.

Cablurile cu manta de plumb și cu izolație de hîrtie au ca neajuns principal scurgerea soluției de impregnare din partea superioară a cablurilor montate vertical. Prin aceasta se modifică intensitatea cîmpului electric, se favorizează adsorbția umidității de către hîrtia insuficient impregnată și se creează condițiile de formare a unei căi de scurgere a curentului care, în final, duce la scurtcircuite, respectiv la aprinderea cablului.

Aceste inconveniente s-au remediat la construcțiile noi de cabluri, prin modificarea tehnologiei de impregnare și a modului de executare a cablurilor. Drept material izolant se folosește fie hîrtia impregnată și uscată în prealabil, fie hîrtie saturată cu soluție de impregnare, fie gaze neutre sub presiune. Banda de hîrtie este aplicată fără suprapuneri, astfel că interstițiile rămase sînt atît de mici încît nu pot forma canale de scurgere a uleiului, ci doar niște tuburi capilare. Soluția de impregnare rămîne numai în aceste tuburi, excedentul fiind înlăturat în timpul uscării.

Se mai fabrică cabluri prevăzute cu izolație de hîrtie cerată. În cazul acestora se aplică o soluție de impregnare cu o viscozitate și cu un coeficient de aderență mare, care se întărește la o temperatură de aproximativ + 80°C și se topește la temperaturi mai mari de + 100°C. Temperatura de lucru maximă admisibilă a cablului fiind cuprinsă între + 60°C și + 80°C, nu există pericolul scurgerii soluției de impregnare.

Mantaua de plumb cît și izolația de hîrtie sau cauciuc natural a conductoarelor s-au înlocuit în unele cazuri cu manta și izolație de policlorură de vinil, obținută prin procedeul de polimerizare în suspensie; de asemenea s-a recurs la manta și izolație din polietilenă, șarjată cu negru de fum. Lipsa substanței de impregnare dă cablurilor caracterul de neinflamabilitate și de incapacitate de a propaga flacăra. De altfel, policlorura de vinil, de îndată ce nu mai este în contact direct cu flacăra, se stinge deoarece, prin încălzire la 170 — 200°C se descompune și degajă vapori de acid clorhidric, care au efect de înăbușire a focului [5], [26].

Printre celelalte proprietăți pozitive ale PVC se mai citează și o bună rezistență la acțiunea apei și a vaporilor de apă, la acțiunea ozonului, a majorității acizilor, bazelor și sărurilor anorganice, la microorganisme etc. PVC are o rezistență bună la agenții atmosferici și la lumină, ceea ce permite amplasarea cablurilor în locuri deschise, fără a fi necesare modificări în pozarea cablurilor, ca în cazul celor cu izolație de cauciuc, care trebuie ferite de acțiunea aerului, oxigenului, luminii solare etc. [5], [26].

Dat fiind faptul că nu sînt impregnate cu substanțe izolante lichide, cablurile cu izolație din PVC nu mai au nevoie de cutii terminale etc. Lipsa hîrtiei izolante exclude și mantaua de plumb, fapt datorită căruia cablurile cu izolație și manta din PVC au o greutate mult mai mică și nu sînt sensibile la vibrații (cele cu manta de plumb se pot rupe la vibrații puternice).

Singurul dezavantaj al cablurilor din PVC constă în faptul că folosirea lor este limitată la tensiuni de cel mult 10 kV, deoarece pierderile dielectrice cresc foarte mult la tensiuni mai mari. Pentru asemenea tensiuni trebuie să se lucreze cu PVC fabricat din produse foarte pure și să se acorde o atenție deosebită la extrudere în ce privește omogenitatea izolației (nu se admit bule de aer), pentru a se obține un material izolant în care să nu se producă descărcări interioare și să aibă un factor de pierderi dielectrice mult mai puțin sensibil la temperatură.

În comparație cu cablurile cu izolație din cauciuc natural sau din hîrtie impregnată, cablurile cu izolație și manta din PVC prezintă următoarele avantaje: greutate mai mică, izolație uscată fără soluție de impregnare, rezistență mai mare la agenți chimici și fizici, rezistență mai mare la foc și la uzură prin frecare, inerție la vibrațiile cablului, flexibilitate mai mare, absorbție de apă neglijabilă, piese accesorii mai simple și mai puține, posibilitatea colorării mai ușoare a izolației conductoarelor și a mantalei.

De altfel, trebuie arătat că atît policlorura de vinil obținută prin procedeul de polimerizare în suspensie cît și polietilena șarjată cu negru de fum au proprietăți electroizolante echivalente cu ale materialelor înlocuite: cauciucul natural, hîrtia impregnată (tabela 1).

Tabela 1

Mărimea fizică	U.M	Valoarea mărimilor			
		hîrtie impregnată	cauciuc natural	PVC suspensie	polietilenă
Proprietăți electrice					
Rezistivitatea de volum la 0°C	ohmi	10,18	10,15	10,15	10,16
Idem, la 100°C	ohmi	10,15	10,10	10,9	10,16
Rigiditatea dielectrică	kV/mm	75	30	53	83
Permitivitatea la +20°C		2,3	2,4	6	2,4
Permitivitatea la +80°C		2,6	2,4	9	2,5

Caracteristicile electroizolante foarte bune ale PVC prezintă avantajul că nu necesită grosimi de izolație prea mari.

În ce privește costul, izolația din PVC este mult mai ieftină decît cea din cauciuc, dar mai scumpă decît izolația din hîrtie impregnată. Dacă se ia însă în considerație costul cablului montat, care, în cazul izolației de PVC necesită piese accesorii mai simple și mai puține și condiții de pozare mai avantajoase, rezultă că montarea cablurilor cu manta și izolație din PVC este mai economică.

Rezultate deosebit de bune s-au obținut în ceea ce privește protecția anticorosivă cît și în privința greutății, flexibilității, rezistenței mecanice și costurilor, înlocuind la cabluri mantaua de plumb cu manta de aluminiu.

În tabela 2 se dau cîteva caracteristici importante ale aluminiului în comparație cu ale plumbului.

Tabela 2

Mărimea fizică	U.M.	Plumb	Aluminiu
Rezistența la rupere	kgf/cm^2	250	850—1150
Alungirea relativă	%	5	10—15
Rezistența la oboseală	kgf/cm^2	90	500
Conductivitatea electrică	m/Ωmm^2	1,8	35
Greutatea specifică	kgf/dm^3	11,4	2,7

Cablurile cu manta de aluminiu sînt cu 20 — 70% mai ușoare (în funcție de tip și secțiune). Conductivitatea electrică bună a aluminiului permite utilizarea mantalei drept al patrulea conductor (de nul). Proprietățile anticorosive ale aluminiului fiind mai bune decît ale plumbului, cablurile cu manta de aluminiu nu necesită luarea de măsuri severe de protecție anticorosivă.

Costul cablurilor cu manta de aluminiu este de asemenea cu 20 — 25% mai mic decît al cablurilor cu manta de plumb [2].

Avantaje și caracteristici superioare s-au obținut la cabluri prin înlocuirea cauciucului natural cu cauciuc de tip neopren. Astfel, izolația din cauciuc natural s-a înlocuit cu izolație din cauciuc neinflamabil de tip neopren sau cloropren; mantaua s-a construit din plumb sau faolit (fenoplaste cu umplutură de azbest), materiale de asemenea neinflamabile. Învelișurile exterioare s-au executat exclusiv din neopren. Descompunerea chimică a neoprenului are loc la + 200°C și este însoțită de o degajare de vapori grei de clor, care determină stingerea flăcării. Neoprenul, neavînd însă caracteristici dielectrice satisfăcătoare, s-a trecut la construcția de cabluri cauciucate, cu unul sau mai multe ecrane de protecție. Se utilizează ecrane individuale sau comune și, în funcție de producător, ecranele se realizează sub următoarele forme:

a) ecrane metalice, în forma unor împletituri din sîrmă de cupru;

b) ecrane din pînză de bumbac, cînepă sau nylon, cu inserții din sîrmă de cupru;

c) ecrane din cauciuc semiconductor, format din cauciuc natural sau neopren cu umplutură de negru de fum, grafit coloidal sau pilitură de cupru.

În cazul folosirii ultimului tip de ecrane, trebuie acordată o atenție deosebită modului de amestecare a cauciucului cu elemente conducătoare, deoarece neuniformitatea amestecului conduce la o repartiție neuniformă a curenților de scurgere; aceasta poate provoca supraîncălziri locale ale cablului pînă la temperaturi la care apare pericolul de descompunere a cauciucului.

La cablurile cauciucate de înaltă tensiune, valoarea mai mare a tensiunii nominale constituie un pericol mai mare de incendiu. La aceste cabluri, izolația conductoarelor se realizează din cauciuc cu proprietăți dielectrice îmbunătățite de tip butil-cauciuc. Pentru micșorarea intensității cîmpului electric, conductoarele se ecranează cu benzi sau împletituri din sîrmă de cupru sau cauciuc semiconductor.

Întrucît butil-cauciucul este un material combustibil, cablul se asigură la exterior cu un înveliș neinflamabil din neopren sau PVC plastifiat [2].

În afara măsurilor de protecție ignifugă și anticorosivă care se iau la fabricarea cablurilor, prin alegerea materialelor și a sistemelor de construcție speciale, proiectantul instalației la care se folosesc cabluri trebuie să aibă în vedere măsuri de protecție contra suprasarcinilor și a scurtcircuitelor.

Astfel, trebuie să se prevadă relee sau siguranțe fuzibile care declanșează atunci cînd este depășită sarcina maximă admisibilă de funcționare.

Timpul după care intră în funcțiune dispozitivul de protecție trebuie să fie sensibil mai mic decît durata suprasarcinii admisibile, iar în timpul funcționării protecției temperatura cablului trebuie să fie cu mult mai mică decît temperatura la care elementele sale încep să se descompună sau să se aprindă.

Pentru protejarea rețelei de cabluri împotriva scurtcircuitelor trebuie luate măsuri la dimensionarea cablurilor, încît acestea să poată suporta eforturile termice și dinamice ale valorilor maxime ale curentului de scurtcircuit, în timpul foarte scurt cît durează aceste valori. În punctele principale ale rețelei trebuie să se instaleze aparate de întrerupere automată, care să elimine curenții de scurtcircuit, înainte ca aceștia să fi avut timpul necesar să deterioreze rețeaua [1].

În Instrucțiunea MEEIE-DGT nr. 49 — 54, referitoare la prevenirea și stingerea incendiilor în centrale și stații electrice, este indicat raportul care trebuie să existe între cablurile de diferite secțiuni și siguranțele fuzibile care le protejează, precum și sarcinile admisibile la o durată lungă de funcționare [3].

Sistemele de protecție clasică cu siguranțe fuzibile nu sînt totdeauna suficiente, chiar dacă acestea au fost dimensionate conform exigențelor regulamentelor și au fost legate la pămînt în mod satisfăcător. În cazul întreruperii unei faze, curentul pe celelalte două faze nu depășește neapărat intensitatea curentului de demarare a aparatelor de protecție; din această cauză, întreruperea alimentării de la sursă se face cu întîrziere, încît puterea disipată în timpul defectării poate să dea loc la aprinderea materialului combustibil din care este fabricat cablul sau care se află în apropierea acestuia.

De aceea s-au luat în studiu diferite aparate de protecție a cablurilor împotriva scurtcircuitelor, cu care să se efectueze măsurători directe ale curenților de defect, captați de un ecran detector, sau să se execute controlul continuității circuitului, sau să se detecteze dezechilibrul de intensitate și de unghi între cele trei faze ale rețelei [6], [7].

Pe lîngă cele arătate, există aspecte ale protecției ignifuge și anticorosive a cablurilor care interesează în faza de proiectare și mai ales de execuție a instalației de distribuție a energiei electrice.

La aranjarea cablurilor într-o instalație electrică trebuie să se urmărească o pozare simplă și ordonată a cablurilor, care să fie ușor accesibilă pentru inspectare, precum și pentru localizarea și corectarea rapidă și eficientă a defectelor.

Montarea cablurilor în canale pe suporturi fixate în pereții acestora este preferabilă față de montarea pe pardoseala canalului, căci le ferește de eventuala umiditate adunată la partea inferioară a canalului, ușurînd în același timp accesul pentru inspectarea și repararea cablurilor, precum și aerisirea și răcirea lor.

Traseul canalelor nu trebuie să aibă unghiuri ascuțite ce îngreuiază pozarea cablurilor, care ar fi silite să stea într-o poziție necorespunzătoare. În special, cablurile cu manta rigidă de plumb au de suferit de pe urma unor trasee ale canalelor greșit alese. Dacă la poziția necorespunzătoare a cablului se mai adaugă și vibrațiile planșeului, mantaua de plumb se poate rupe, dezgolind izolația formată din hîrtie impregnată, inflamabilă.

Pe porțiunea de trecere a cablurilor prin pereți sau planșee, cablurile se vor monta în țevi de oțel, iar bordura locului de trecere prin planșee se va înălța deasupra nivelului acestora cu circa 10 cm. Această denivelare are rolul de a împiedica eventualele scurgeri de apă sau de ulei de pe planșeu în canalele de cabluri.

În cazul trecerii cablurilor monofilare de curenți mari prin pereți sau planșee, montarea pe porțiunea de trecere se va face de asemenea în țevi de oțel. În acest caz, însă, trebuie controlată temperatura țevii de oțel, care ar putea depăși o anumită limită, datorită pierderilor prin histerezis și curenților turbionari.

Cînd canalele de cabluri trec printr-un perete, trebuie să se realizeze o etanșare corespunzătoare, care să aibă o rezistență la foc de cel puțin 1,5 ore.

Se realizează astfel o limitare a zonei de propagare a incendiului la dimensiunile unei singure încăperi [4].

Piesele accesorii ale cablurilor trebuie să fie în număr cît mai mic, executate în mod corect, cu prinderi duble dacă este posibil, supravegheate şi verificate periodic din punctul de vedere al încălzirii (să nu se creeze premisele formării unor rezistenţe de contact) [8].

Mai există măsuri de protecţie ignifugă pe care trebuie să le ia beneficiarul instalaţiei de cabluri, printr-o exploatare şi întreţinere raţională a cablurilor şi a canalelor în care sînt montate. Astfel, beneficiarul trebuie să vegheze asupra funcţionării corecte a protecţiilor de suprasarcină şi scurtcircuit, a evitării lovirii şi presării cablurilor, îndepărtării surselor radiante de căldură sau a surselor exterioare de foc, aflate definitiv sau provizoriu în apropierea instalaţiilor de cabluri; de asemenea, se vor urmări evitarea infiltraţiilor de apă în canalele de cabluri, menţinerea unei stări de curăţenie perfectă a acestora, precum şi acoperirea permanentă a canalelor cu capacele care le-au fost destinate.

La noi în ţară, singurul sector industrial în care sînt prevăzute măsuri speciale pentru ignifugarea cablurilor, legiferate prin norme departamentale, este industria minieră. Pentru evitarea incendierii învelişului exterior de iută asfaltată, care protejează armătura de oţel, cablul se impregnează cu lapte de ciment amestecat cu 5% bicromat de potasiu, după ce a fost montat pe suporturi [24].

3. Stabilirea unei metode de verificare a rezistenţei la foc a cablurilor

Necesitatea ignifugării cablurilor devenind stringentă pentru centralele şi staţiile electrice din ţara noastră, la IRME s-a abordat studierea acestei probleme.

A rezultat astfel că pentru a putea aprecia gradul de rezistenţă la foc al unui cablu ignifugat este necesar să se stabilească o metodă unică de încercare a cablurilor, din acest punct de vedere, fixînd în acelaşi timp nişte parametri obligatorii la care trebuie să reziste cablurile destinate să funcţioneze în instalaţii cu pericol de incendiu, de tipul centralelor şi staţiilor electrice.

Metodele de verificare a rezistenţei la foc diferă de la o ţară la alta; unele dintre ele au fost trecute în normele ţărilor respective referitoare la încercările tehnice ale cablurilor. Alte metode au fost adoptate numai de unele fabrici producătoare de cabluri, fără ca să fie obligatorii pentru toate unităţile din ţara respectivă. Aceste metode sînt, de obicei, mai exigente decît cele normalizate şi nu se aplică decît la cerere.

Caracteristicile şi condiţiile fiecărui mod de încercare în parte sînt trecute în tabela 3.

Cu privire la caracteristicile din tabela 3 sînt de observat următoarele:

Standardele menţionate se referă numai la cabluri cu înveliş exterior din cauciuc sau PVC. Excepţie face standardul R.F. a Germaniei VDE 0472/6.65, care se referă numai la cablurile cu armătură metalică (fabricate conform VDE 0255/6.64), folosite în mine. R.F. Germaniei este singura ţară care a considerat — după o experienţă de 11 ani — că standardul elaborat în 1954 nu corespunde condiţiilor reale existente în exploatarea cablurilor şi de aceea a anulat VDE 0472/11.54, înlocuindu-l cu 0472/6.65, care prevede condiţii de încercare mai severe.

În privinţa normelor elaborate de diferite fabrici producătoare (din Franţa şi S.U.A.), acestea se referă la toate felurile de învelişuri exterioare ale cablurilor şi prevăd o climatizare iniţială a acestora, după care urmează verificarea.

Cele două standarde din ţara noastră se referă la conducte şi cabluri cu manta exterioară din PVC sau cauciuc, pînă la 500 V.

Mai există o propunere a Institutului de mine din Petroşani pentru încercarea cablurilor miniere, folosind o instalaţie în care se reproduc condiţiile reale de exploatare (temperatură şi umiditate variabilă, curenţi de aer de diferite viteze, depuneri de praf etc.).

Pentru cablurile de forţă şi circuite secundare cu armătură metalică protejată ignifug, IRME — Bucureşti a elaborat o instrucţiune privind metoda de verificare a rezistenţei la foc, avînd în vedere că acestea sînt cablurile cel mai frecvent întîlnite în centralele şi staţiile electrice din ţara noastră.

Metoda de verificare recomandată de IRME se referă la toate cablurile cu conductoare din cupru şi aluminiu cu izolaţie de hîrtie, cauciuc sau material plastic şi cu armătură din benzi de oţel, fabricate în ţară conform STAS 4481 — 66, STAS 2405 — 55 şi N.I. 1007.61, precum şi N.I. 909 — 60 şi 1008 — 61, considerînd că s-a aplicat acestor cabluri protecţia ignifugă (tratarea armăturii de oţel cu un grund anticorosiv, peste care se aplică un email pe bază de clor-cauciuc). Verificarea rezistenţei la propagarea arderii se face pe o epruvetă de cablu de 300 mm lungime. Se întinde epruveta între cele două cleme ale dispozitivului de prindere, în poziţie înclinată cu 45° faţă de orizontală. Se măsoară temperatura mediului ambiant, care trebuie să fie cuprinsă între + 18... + 20°C.

Se aplică flacăra becului Bunsen pe mijlocul epruvetei, în poziţie perpendiculară pe aceasta, astfel încît întreaga circumferinţă a acesteia să fie înconjurată de partea albastră a flăcării.

Aplicarea flăcării se face maximum 5 minute. Dacă în acest interval de timp devine vizibilă banda de oțel curată, se îndepărtează flacăra.

Verificarea se execută într-o cameră lipsită de curenți de aer. Se consideră că epruveta este rezistentă la foc dacă aceasta nu se aprinde în timpul aplicării flăcării sau dacă, după aprindere, se autostinge după maximum 100 s de la îndepărtarea flăcării; această ardere temporară nu trebuie să afecteze epruveta pe o distanță mai mare de 250 mm de la locul de aplicare a flăcării arzătorului Bunsen.

S-a ales această metodă de verificare a cablurilor deoarece impune acestora condiții foarte severe de rezistență (după aplicarea unei flăcări care atinge circa 850°C, timp de 5 minute, cablul trebuie să se autostingă în maximum 100 s de la îndepărtarea sursei de aprindere și să nu se deterioreze pe o distanță mai mare de 250 mm).

În tabelele 4 a și 4 b se arată rezultatele obținute la nouă probe de cabluri supuse verificării după o pregătire și tratare prealabilă diferită.

4. Stabilirea unei tehnologii de execuție a protecției anticorosive și ignifuge a cablurilor

În urma probelor efectuate s-a găsit că soluția cea mai indicată pentru protejarea ignifugă și anticorosivă a cablurilor cu armătură metalică este acoperirea acesteia cu un grund anticorosiv, peste care se aplică un email pe bază de clor-cauciuc.

Emailul propus are o bună capacitate de acoperire, iar în condițiile stării de incendiu — la temperaturi ridicate (de la circa + 200°C) — se descompune cu degajare de compuși clorați, care au efecte de înăbușire și stingere a focului.

Pentru a asigura o bună aderență a emailului cu calități ignifuge și o protecție anticorosivă a armăturii metalice, sînt necesare următoarele operații:

a) curățirea cablurilor de stratul de bitum care acoperă armătura de oțel, cu ajutorul benzinei și al unor perii de sîrmă;

b) verificarea integrității armăturii de oțel, care trebuie să fie corect și strîns rulată;

Caracteristicile normelor de încercare a rezistenței

Standardele și normele existente	Natura învelișului exterior	Sursa de aprindere	Preîncălzitoare electrice	Curenți de aer	Temperatura de încercare	Umiditatea de încercare
STAS 6866–63 STAS 5162–65 (R.S. România)	PVC Cauciuc	Bec Bunsen gaz metan	—	lipsă	invariabilă	invariabilă
NBN 458–1960 (Belgia)	PVC	Bec Bunsen gaz ilum.	—	lipsă	,,	,,
VDE 0472–11.54 (anulat, R.F. a Germaniei)	Armătură metalică	Bec Bunsen gaz ilum.	—	lipsă	,,	,,
		Bec Bunsen gaz ilum.	—	lipsă	,,	,,
		Bec Bunsen spirt	35 A/mm² $t = 1$ min	lipsă	,,	,,
VDE 0472–6.65 (R.F. a Germaniei)	Armăt. metal.	Bec Bunsen gaz ilum.	—	lipsă	,,	,,
NFC 32–200–65 (Franța)	PVC	Bec Bunsen gaz ilum.	—	lipsă	,,	,,
ASTM-D. 470–59T (S.U.A.)	PVC cauciuc	Bec Tirrill gaz ilum.	—	lipsă	,,	,,
		Bec Bunsen gaz ilum.	—	lipsă	,,	,,
BS–738–1937 (Anglia)	PVC	Bec Barthel alc. metilic	—	lipsă	,,	,,
JUS-N. CO. 030 (Iugoslavia)	PVC	Bec Bunsen gaz ilum.	—	lipsă	,,	,,
R.P.P.–5/kV/9–13 (R.P. Polonă)	Cauciuc armăt. metal.	,,	—	lipsă	,,	,,
MNOSZ–145–52 (R.P.Ungară)	Cauciuc	,,	—	lipsă	,,	,,
Bureau of Mines — Pensylvania (S.U.A.)	Toate felurile	,,	suprasarcină 400 % pînă la 176°C	lipsă	,,	,,
Silec (Franța)	Toate felurile	arzător long.	pînă la 150°C	vit.variab.	,,	,,
Câbles de Lyon (Franța)	Toate felurile	,,	,,	,,	,,	,,
I.M.P. (propunere) (R.S. România)	Toate felurile	scurtcircuit Bec Bunsen gaz metan		,,	variabil.	variabil.

c) aplicarea unui grund anticorosiv; s-a ales unul de fabricație indigenă pe bază de miniu de plumb și rășină alchidică cu uscare la $+20°C$ în 24 ore (tabela 5).

d) aplicarea a trei strate succesive de email pe bază de clor-cauciuc; produsul ales este de asemenea de fabricație indigenă, cu uscare la 20°C, cîte trei ore pentru fiecare strat (tabela 5).

Operațiile enumerate mai sus se referă în general la cablurile care trebuie protejate. Cablurile, însă, se află în situații deosebite și pentru fiecare caz în parte tehnologia de protejare suferă anumite modificări. Astfel:

Pentru cablurile nemontate, destinate să funcționeze atît în interior cît și în exterior, sînt necesare următoarele operații:

— înlăturarea stratului exterior de iută impregnată cu masă bituminoasă;

— curățirea stratului de bitum de pe armătura metalică cu ajutorul periilor de sîrmă și al bumbacului îmbibat cu benzină;

— verificarea integrității armăturii de oțel, care trebuie să fie corect și strîns rulată;

— omogenizarea grundului anticorosiv tip G — 355-4, prin amestecare cu o spatulă de lemn;

— aplicarea cu pensula a unui strat de grund anticorosiv omogenizat pe suprafața armăturii curate (timp de uscare 24 ore);

— omogenizarea emailului clor-cauciuc tip E — 109 — 1, prin amestecare cu o spatulă de lemn;

— aplicarea cu pensula sau cu pistolul a trei strate succesive de clor-cauciuc peste grundul anticorosiv uscat (timp de uscare pentru fiecare strat de email în parte — 3 ore).

Pentru cablurile montate în interiorul construcțiilor (fără pericol de infiltrații de apă) sînt necesare următoarele operații:

— curățirea stratului de bitum de pe armătura metalică, cu bumbac îmbibat cu benzină;

— verificarea integrității armăturii de oțel;

— omogenizarea vopselei diasil, prin amestecare cu o spatulă de lemn;

Tabela 3

la foc a cablurilor practicate la noi și în alte țări

Dimensiunile epruvetei, mm	Poziția epruvetei față de verticală	Poziția flăcării față de epruvetă	Punct de aplicare a flăcării față de extremitatea inferioară a epruvetei, mm	Timp de aplicare a flăcării, s	Timp de autostingere, s	Distanța admisibilă de deteriorare a cablului, mm
$L=300$	încl. 45°	perpend.	100	60	30	—
$L=300$	încl. 45°	,,	100	60	30	—
200×100	verticală	încl. 45°	—	15	20	—
$L=1200$	orizontală	perpend.	La mijl. epruv.	5	10	—
$L=1800$	orizontală	,,	,,	10	100	500 de la pct. de aplicare a flăc.
$L=500$	încl. 45°	,,	100	300	—	250
$L=700$	verticală	încl. 45°	75	5×15	60	350 de la extrem. infer.
$L=250$	orizontală	perpend.	La mijl. epruv.	30		
—	verticală	încl. 45°	75	5×15	60	350 de la extrem inf.
100×12	orizontală	perpend.	50 față de extrem. flăcării	—	—	—
—	,,	,,	—	2—6×15	—	—
$L=300$	încl. 45°	,,	100	60	—	—
$L=1200$	,,	,,	—	—	60	350 de la pct. de aplicare a flăcării
—	—	—	—	60	—	350
$L=5000$	orizontală	perpend.	—	—	—	—
$L=5000$	,,	,,	—	—	—	—
$L=6000$	,,	,,	—	—	—	—

Tabela 4a

Verificarea rezistenței la foc a cablurilor cu armătură metalică, protejate ignifug

Nr. crt.	Tipul cablului	Proba 1			Proba 2			Proba 3			Proba 4			Proba 5			Observații
		Timp apr. s	Timp autost. s	Dist. afect. mm	Timp apr. s	Timp autost. s	Dist. afect. mm	Timp apr. s	Timp autost. s	Dist. afect. mm	Timp apr. s	Timp autost. s	Dist. afect. mm	Timp. apr. s	Timp autost. s	Dist. afect. mm	
1	Cablu de forță ACYYB, $s = 3\times 95+1\times 50$ mm^2, NID 1007−61													270 la 300 nu arde	10	150	Arde cu flacără mică
2	Cablu forță CHPB, $s = 3\times 95$ mm^2, STAS 4481−66													120 300	5 20	100	Idem
3	Cablu cu circuite secundare CCHPB, $s = 19 \times 2{,}5$ mm^2, NID 909−60				15 120 300	5 20 30	120	210 300	10 15	120	5 75 la 300 nu arde	15 5	130				Proba 4 : arde cu flacără vie, răspîndind particule incandescente
4	Cablu de circuite secundare CSYYB, $s = 10 \times 4$ mm^2, NID 1008−61				15 60 300	15 40 50	130	165 la 300 nu arde	15	100	8 300	30 5	130				Idem
5	Cablu de circuite secundare, izolație de bumbac impregnat, manta de Pb, $s = 7 \times 4$ mm^2				15 60 300	30 20 5	120	70 300	5 5	100				la 300 nu arde		80	Proba 3 : arde cu flacără vie. Proba 5 : arde cu flacără mică
6	Cablu de circuite secundare, import, CSHPB, $s = 14\times 4$ mm^2				15 30 300	55 45 30	130	90 300	15 30	120	10 20 300	20 15 5	120	110 300	10 5	100	Proba 4 : arde cu flacără vie, răspîndind particule incandescente
7	Cablu de circuite secundare, import, CSYYB, $s = 24\times 4$ mm^2				20 60 300	15 40 25	140	150 300	10 20	130	60 300	65 25	130	130 300	15 8	100	Idem
8	Cablu de forță ACPB, $s = 3 \times 4$ mm^2, NI 725−58	10 15 120 300	3 8 55 95	200	10 30 300	10 30 30	140	45 300	10 20	120	10 300	20 15	120	30 300	5 5	120	Idem pt. probele 1 și 4. Proba 5 : arde cu flacără mică
9	Cablu de circuite secundare CSYYB, $s = 8 \times 2{,}5$ mm^2, NI 1008−61				90 la 300 nu arde		120							125 300	10 5	120	Proba 5 : arde cu flacără mică

Proba 1 : se supune verificării cablul așa cum este livrat de fabrică.
Proba 2 : se supune verificării cablul curățat de iută și stratul de bitum exterior
Proba 3 : se supune verificării cablul curățat de iută și stratul de bitum exterior și acoperit cu grund anticorosiv
Proba 4 : se supune verificării cablul curățat de iută și stratul de bitum exterior și acoperit cu asfalt lac
Proba 5 : se supune verificării cablul cuățat de iută și stratul de bitum exterior și acoperit cu grund anticorosiv + email clor-cauciuc

Tabela 4b

Verificarea rezistenței la foc a cablurilor cu armătură metalică, protejate ignifug

Nr. crt.	Tipul cablului (același ca în tablea 4 *a*)	Proba 6			Proba 7			Proba 8			Proba 9			Proba 10			Observații
		Timp. apr. s	Timp autost. s	Dist. afect. mm	Timp apr. s	Timp apr. s	Dist. afect. mm	Timp apr. s	Timp autost. s	Dist. afect. mm	Timp apr. s	Timp. autost. s	Dist. afect. mm	Timp apr. s	Timp autost. s	Dist. afect. mm	
1	Cablu de forță ACYYB, $s = 3 \times 95 + 1 \times 50$ mm^2, NI 1007.61	12 60 300	15 30 15	150	300	5	120										Migrează bitumul la suprafață
2	Cablu de forță CHPB, $s = 3 \times 95$ mm^2, STAS 4481–66	75 300	20 10	120	la 300 nu arde		100										Migrează bitumul la suprafață
3	Cablu de circuite secundare CCHPB, $s = 19 \times 2{,}5$ mm^2, NID 909–60							100 300	20 50	180	120 300	25 45	160	300	5	80	Proba 8, 9 — ardere vie. Stratul de acoperire exfoliază ; proba 10 — arde liniștit
5	Cablu de circuite secundare cu izolație de bumbac impregnat Pb, $s = 7 \times 4$ mm^2	25 300	5 5	100	300	5	50										Migrează bitumul la suprafață
8	Cablu de circuite secundare ACPB, $s = 3 \times 4$ mm^2, NI 725–58	20 30 300	5 12 25	150	60 300	15 15	450										Idem
9	Cablu de circuite secundare CSYYB, $s = 8 \times 2{,}5$ mm^2, NI 1008–61	15 300	20 15	120	25 300	10 10	120	120 300	15 40	170	110 30	15 45	150	120 300	5 5	120	Probele 6,7 — migrează bitumul la suprafață. Probele 8, 9 — ardere cu flacără vie. Proba 10 — arde liniștit

Proba 6 : se supune verificării cablul curățat de iută și acoperit cu grund anticorosiv

Proba 7 : se supune verificării cablul curățat de iută și acoperit cu grund anticorosiv + email clor-cauciuc

Proba 8 : se spune verificării cablul curățat de iută și acoperit cu lapte de ciment

Proba 9 : se supune verificării cablul curățat de iură și acoperit cu lapte de var + nisip

Proba 10 : se supune verificării cablul curățat de iută și acoperit cu diasil + argilă.

Tabela 5

Caracteristicile produselor de acoperire folosite pentru protejarea ignifugă și anticorosivă a cablurilor

Nr. curent	Denumirea produsului	Fabrica producătoare	Simbol	NI sau STAS	Aspectul produsului de bază	Putere de acoperire straturi	Consum gr/m² strat	Timp de uscare ore	Temperatura de uscare °C	Rezistența la apă	Rezistența la acizi	Aspectul peliculei
1	Grund anticorosiv pe bază de miniu de Pb și rășini alchidice	Color-București	G.355–4	MIPC NI 1703–61	Lichid viscos, omogen, culoare roșie	1–2	120	24	20	După 24 ore se albește, revenind la o oră după scoaterea din apă	După 24 ore neinfluențat vizibil	Semimat
2	Email pe bază de clor-cauciuc pigmentat cu TiO_2	Color-București	N.109–1	MIPC NI 1707–61	Lichid viscos, omogen, culoare albă	2–3	120	2–3	20	După 24 ore se mătuiește, revenind după 2 ore de la scoatere din apă	Rezistă 24 ore în acid sulf. 50 %	Semilucios
3	Vopsea de interior pe bază de silicați și azbest *)	Victoria-București	Diasil	—	Lichid viscos, galben-brun	1	100	48	20	După 24 ore se mătuiește, revenind după 2 ore de la scoaterea din apă	Rezistă 24 ore la vapori de acizi	Semimat

*) Întrucît nu aderă pe metal, se amestecă cu argilă fin măcinată în proporție de 1 : 1

— amestecarea vopselei diasil omogenizate, cu argilă pulverizată și uscată, pînă la formarea unei paste omogene;

— aplicarea cu pensula a pastei omogene pe suprafața armăturii metalice; în locurile unde s-a observat că armătura metalică nu este strîns rulată, se vor aplica 2 — 3 straturi de pastă (timpul de uscare pentru fiecare strat de pastă 48 ore).

Pentru cablurile montate în exterior, în canale sau tunele (pericol de infiltrații de apă), sînt necesare următoarele operații:

— curățirea stratului de bitum de pe armătura metalică cu ajutorul periilor de sîrmă și al bumbacului îmbibat cu benzină;

— verificarea integrității armăturii de oțel;

— omogenizarea grundului anticorosiv tip G — 355—4, prin amestecare cu o spatulă de lemn;

— aplicarea cu pensula a unui strat de grund anticorosiv omogenizat pe suprafața armăturii (timp de uscare 24 ore);

— omogenizarea emailului clor-cauciuc tip E — 109 — 1, prin amestecare cu o spatulă de lemn;

— aplicarea cu pensula a trei strate succesive de email clor-cauciuc peste stratul de grund anticorosiv uscat (timp de uscare pentru fiecare strat de email în parte — 3 ore); în locurile unde condițiile de pozare a cablurilor nu permit înlăturarea completă a bitumului de pe suprafața armăturii se vor aplica 4 — 5 straturi de email clor-cauciuc.

Chiar în condițiile executării corecte a protecției cablurilor este necesar să se verifice periodic, o dată la șase luni, integritatea straturilor de protecție aplicate; în cazuri de exfoliere, din cauza unor condiții de exploatare deosebite, se vor reface acoperirile anticorosive și ignifuge, conform tehnologiei expuse.

La executarea operațiilor de curățire și aplicare a stratelor protectoare este necesară luarea de măsuri de protecția muncii corespunzătoare.

Nota redacției. Soluțiile de ignifugare a cablurilor prezentate în acest articol sînt în curs de experimentare, după care urmează ca organele tehnice de resort ale M.E.E. să ia o hotărîre definitivă.

Bibliografie

[1] Bihl, Ch. *Electrificarea minelor în subteran.* Traducere din limba franceză, Editura Tehnică, București, 1958, vol. I, p. 92—156.

[2] * * * *Realizări noi în electrificarea minelor.* Culegere de material documentar. IDT, București, 1961, 122 p.

[3] * * * *Instrucțiuni pentru prevenirea și stingerea incendiilor în centrale și stații electrice.* Instrucțiuni ale MEEIE—DGT nr. 49—54/1955, p. 41—46.

[4] Hodges, E. S. *Electricity and fire risk.* London, 1947, p. 11—13.

[5] Parrini, P. *Întrebuințarea PVC la izolația cablurilor de IT.* Dos. IDT—51105— Traducere din Materie Plastische 25 (1959), nr. 8, p. 701—706.

[6] Cools, G. *La protection des réseaux électriques installés dans les travaux souterrains des mines contre les risques d'électrocution, d'incendie et d'inflammation.* Annales des Mines de Belgique, nr. 2, 1960,p. 98–129.

[7] Delauw, G. *Etude de la sécurité dans les réseaux électriques 500 V utilisés dans les travaux souterrains.* Annales des Mines de Belgique nr. 9, 1964, p.1115–1135.

[8] .*. *Sisteme moderne de executare a montajului și a îmbinărilor de cabluri electrice.* Culegere de material documentar, IDT, București, 1966, 138 p.

[9] .*. VDE 0472/11.54. *Regeln für Durchführung von Prüfungen an isolierten Leitungen und Kabeln.*

[10] .*. VDE 0472/6.65. *Leitsätze für die Durchführung von Prüfungen an isolierten Leitungen Und Kabeln.*

[11] .*. VDE 0271/10.63. *Vorschriften für Kabel mit Gummiisolierung und Gummimantel oder mit Kunststoffisolierung und Kunstoffmantel für Starkstromanlagen.*

[12] .*. VDE 0265/5.62. *Vorschriften für Kabel mit Gummi—oder Kunststoffisolierung sowie mit Bleimantel für Starkstromanlagen.*

[13] .*. VDE 0255/6.64. *Bestimmungen für Kabel mit massegetränkter Papierisolierung und Metallmantel für Starkstromanlagen.*

[14] .*. NBN 458/1960. *Canalisations électriques isolées au chlorure de polyvinyle.*

[15] .*. B. S. 738–1937. *The non-ignitable and self extinguishing properties of solid electrical insulating materials.*

[16] .*. J.U.S.–N.C.O. 030/1955. *Încercări ale conductorilor și cablurilor izolate cu PVC.*

[17] .*. *Recomandare pentru standardizare CAER* nr. KU/S 13/RPP–5 oct. 1964/simbol 20–391. *Cabluri de iluminat și de forță pentru mine.*

[18] .*. NFC–32.200 – sept. 1965. *Conducteurs et câbles comportant une enveloppe ou une gaine en PVC. Règles.*

[19] .*. ASTM–D 470–59 T. *Tentative methods of testin grubber and thermoplastic insulated wire and cable.*

[20] .*. MNOSZ– 145–52. *Încercarea cablurilor de curenți tari, izolați cu cauciuc.*

[21] .*. STAS 6866–63. *Conducte și cabluri cu izolație și manta de PVC. Metode de încercare.*

[22] .*. STAS 5162–65. *Conducte și cabluri cu izolație și manta de cauciuc. Metode de încercare.*

[23] Sabatin, I. *Contribuții la încercarea cablurilor electrice în condițiile specifice ale exploatării miniere.*

[24] .*. *Norme de tehnica securității muncii pentru minele de cărbuni și de nisipuri bituminoase.* Ministerul Minelor 1965, articolul 644, pct. 6, p. 182.

[25] .*. *Norme departamentale de protecția muncii în industria constructoare de mașini*, 1965, p. 265–267.

[26] Palandri, L. *L'impiego dalle materie plastiche, nell industria dei cavi elettrici.* Milano, Conferință prezentată la Salonul maselor plastice, 1965.

(Articol intrat în redacție la 10 iulie 1967)

Teoria jocurilor de strategie. Aplicații în probleme de organizare

Ing. **Anatol Măcriș** *)

În numeroase probleme de conducere și organizare științifică a producției se pune problema luării unei decizii, adică a alegerii unui anumit mod de a acționa din mai multe variante posibile.

Mulțimea posibilităților de a acționa alcătuiește strategiile posibile, iar criteriul deciziei îl constituie regula care determină alegerea unei anumite strategii.

Teoria matematică a jocurilor constituie unul dintre instrumentele matematice în alegerea unei decizii.

În cele ce urmează se arată posibilitatea aplicării teoriei jocurilor în probleme de organizare și în probleme de decizii care trebuie luate în procesul de conducere a întreprinderilor.

1. Joc pe un tablou dreptunghiular

Într-un joc de două persoane, regula jocului se poate rezuma într-un tablou denumit „matricea jocului”.

Acest tablou exprimă cîștigurile jucătorului A, denumit „jucător maximinizant”, sau pierderile jucătorului B, denumit „jucător minimizant”, cu condiția ca jocul să fie de sumă nulă, adică cîștigurile unui jucător sînt egale cu pierderile celuilalt.

$$\begin{array}{r|c|}
 & B\ (\text{minimizant}) \\
\hline
 & a_{11}\ a_{12}\cdots a_{1n} \\
A\ (\text{maximinizant}) & a_{21}\ a_{22}\cdots a_{2n} \\
 & \cdots\cdots \\
 & a_{m1}\ a_{m2}\cdots a_{mn} \\
\hline
\end{array}$$

Obiectivele lui A și B sînt de a cîștiga maximum posibil, respectiv de a pierde minimum posibil, fiecare necunoscînd de loc decizia celuilalt.

Jocul poate comporta o singură mișcare sau mai multe mișcări. O realizare a unui joc conform unor anumite reguli formează o partidă.

Într-o partidă care comportă o singură mișcare se numește strategie pură alegerea unei coloane sau a unei linii. Într-o partidă care comportă mai multe mișcări se numește strategie mixtă a lui A alegerea unor anumite linii cu anumite frecvențe și strategie mixtă a lui B alegerea unor anumite coloane cu anumite frecvențe. În anumite condiții, strategia mixtă se poate reduce la o strategie pură.

2. Alegerea unui criteriu

Orice strategie, pură sau mixtă, poate fi elaborată numai după alegerea unui criteriu. Criteriile principale utilizate depind de natura jocului.

---

*) Ing. A. Măcriș este director tehnic al întreprinderii „Energomontaj”.

2.1. În jocul de două persoane, în care ambii jucători se presupun la fel de prudenţi şi inteligenţi, se utilizează criteriul lui von Neumann (sau al lui de Wald).

Jucătorul *A* alege linia în care cîştigul său cel mai mic este maxim, iar jucătorul *B* alege coloana în care pierderea sa cea mai mare este minimă. Acest criteriu se numeşte al maximinului sau al minimaxului.

Astfel, jucătorul *A* va alege linia corespunzătoare valorii :

$$\underset{i}{MAX}[\underset{j}{MIN}\, a_{ij}] \quad \begin{matrix} i = 1,2,\ldots,m \\ j = 1,2,\ldots,n \end{matrix}$$

Jucătorul *B* va alege coloana corespunzătoare valorii :

$$\underset{j}{MIN}\, [\underset{i}{MAX}\, a_{ij}] \quad \begin{matrix} i = 1,2,\ldots,m \\ j = 1,2\ldots,n \end{matrix}$$

Acest comportament al jucătorilor se numeşte neumannian.

2.2. În jocurile contra naturii nu trebuie presupus că natura va lua în mod automat o atitudine care ne este nouă cea mai defavorabilă. În aceste jocuri se utilizează criteriile :

Laplace, în care jucătorul alege linia care corespunde speranţei matematice a cîştigului maxim :

$$\underset{i}{MAX}\left[\frac{a_{i1} + a_{i2} + a_{i3} + \ldots + a_{in}}{n}\right].$$

În acest criteriu se consideră diferitele stări ale naturii ca echiprobabile.

În aceste cazuri, matricea jocului se reduce la o matrice-coloană în care alegerea se face imediat.

Hurwicz. Se defineşte optimismul jucătorului printr-un număr α, cuprins între 0 şi 1.

Dacă se notează cu A_i elementul cel mai mare al unei linii şi cu a_i elementul cel mai mic al acelei linii, se alege linia la care expresia $[\alpha\ A_i + (1 - \alpha)\ a_i]$ este maximă :

$$\underset{i}{MAX}[\alpha A_i + (1 - \alpha)\, a_i].$$

Şi aici matricea jocului se reduce la o matrice-coloană, în care alegerea se face imediat.

Savage. Se defineşte o nouă matrice, al cărei fiecare element

$$A_{ij} = \underset{k}{MAX}\, a_{kj} - a_{ij}$$

reprezintă ecartul între cîştigul efectiv realizat şi cîştigul care s-ar fi putut realiza. Se obţine o nouă matrice, denumită ,,matricea regretelor''.

Jucătorul *A* va alege linia a cărei valoare corespunde regretului minim :

$$\underset{j}{MIN}[\underset{i}{MAX}\, A_{ij}] \quad \begin{matrix} i = 1,2,\ldots,\ m, \\ j = 1,2,\ldots,\ n \end{matrix}$$

3. Punct de echilibru într-un joc dreptunghiular

Într-un joc cu comportament neumannian se demonstrează că :

$$\underset{j}{MIN}\ [\underset{i}{MAX}\ a_{ij}] \geqslant \underset{i}{MAX}\ [\underset{j}{MIN}\ a_{ij}].$$

Cînd matricea $A = [a_{ij}]$ este astfel încît :

$$\underset{j}{MIN}\ [\underset{i}{MAX}\ a_{ij}] = \underset{i}{MAX}\, [\underset{j}{MIN}\ a_{ij}] = v,$$

jocul posedă un punct de echilibru, iar cantitatea v se numeşte valoarea jocului.

Valoarea jocului este numărul cel mai mic din linia sa şi cel mai mare din coloana sa. O matrice poate avea 0, unul sau mai multe puncte de echilibru.

4. Strategie pură şi strategie mixtă în jocurile cu două persoane

Cînd criteriul adoptat este neumannian şi jocul posedă un punct de echilibru unic, oricare ar fi numărul mişcărilor în partidă, jucătorul *A* şi jucătorul *B* vor urma strategia lor optimă şi la fiecare mişcare jucătorul *A* va cîştiga valoarea jocului v.

Cînd jocul nu posedă un punct de echilibru, iar partida comportă mai multe mişcări, fiecare jucător va adopta o strategie mixtă.

Dacă $x_1, x_2, \ldots, x_m$ sînt frecvenţele de alegere a liniilor (1), (2),..., (*m*), de către jucătorul *A* şi $y_1, y_2, \ldots, y_n$ frecvenţele de alegere a coloanelor (1), (2), ..., (*n*) de către jucătorul *B*, se exprimă relaţia egalităţii cîştigului mediu al lui *A* cu pierderea medie a lui *B*, astfel :

$$\sum_{i=1}^{m} [a_{i1} \cdot y_1 + a_{2.} \cdot y_2 + \ldots + a_{in} \cdot y_n] \cdot x_i =$$

$$= \sum_{j=1}^{n} [a_{ij} \cdot x_1 + a_{2j} \cdot x_2 + \ldots + a_{mj} \cdot x_m] \cdot y_j.$$

Teorema lui von Neumann spune că :

Există pentru jucătorul *A* o strategie mixtă optimă pentru care cîştigul mediu al său este superior sau egal unei cantităţi v, denumită ''valoarea jocului'', şi există pentru jucătorul *B* o strategie mixtă optimă pentru care pierderea medie a sa este inferioară sau egală cu v, valoarea jocului.

Strategiile mixte optime și valoarea jocului se obțin rezolvînd sistemele:

$$\begin{aligned}
a_{11}\cdot x_1 + a_{21}\cdot x_2 + \ldots + a_{m1}\cdot x_m &\geqslant v\\
a_{1j}\cdot x_1 + a_{2j}\cdot x_2 + \ldots + a_{mj}\cdot x_m &\geqslant v\\
a_{1n}\cdot x_1 + a_{2n}\cdot x_2 + \ldots + a_{mn}\cdot x_m &\geqslant v\\
x_1 + x_2 + \ldots + x_m &= 1\\
a_{11}\cdot y_1 + a_{12}\cdot y_2 + \ldots + a_{in}\cdot y_n &\leqslant v\\
a_{i1}\cdot y_1 + a_{i2}\cdot y_2 + \ldots + a_{in}\cdot y_n &\leqslant v\\
a_{m1}\cdot y_1 + a_{m2}\cdot y_2 + \ldots + a_{mn}\cdot y_n &\leqslant v\\
y_1 + y_2 + \ldots + y_n &= 1
\end{aligned}$$

Aceste sisteme se rezolvă prin metodele programării liniare.

În cazurile în care matricea jocului are numai două linii sau numai două coloane, sistemul se rezolvă simplu, printr-o reprezentare grafică.

Astfel, dacă avem următoarea matrice a jocului:

$$\begin{array}{c|c|}
 & B \\
\hline
A & \begin{array}{l} a_{11}\, a_{12} \ldots a_{1n} \\ a_{21}\, a_{22} \ldots a_{2m} \end{array} \\
\hline
\end{array}$$

întrucît $x_1 + x_2 = 1$, putem trasa dreptele:

$$(a_{11} - a_{21})\cdot x_1 + a_{21} = v$$

$$(a_{12} - a_{22})\cdot x_1 + a_{22} = v$$

$$(a_{1n} - a_{2n})\cdot x_1 + a_{2n} = v$$

Aceste drepte delimitează un anumit domeniu care corespunde inecuațiilor jucătorului A. Se deduc imediat valorile lui v și x_1, apoi $x_2 = 1 - x_1$.

Aceste valori transformă unele inecuații nestricte ale jucătorului A în inecuații stricte.

Acestor inecuații stricte vor corespunde, la jucătorul B, variabile nule. În acest mod, inecuațiile jucătorului B se transformă într-un sistem de două ecuații cu două necunoscute, care se rezolvă imediat.

5. Exemple de calcul

5.1. Să se determine strategiile pure ale jucătorilor A și B, după criteriul lui von Neumann, într-un joc cu sumă nulă, a cărui matrice este:

$$\begin{array}{c|rrrrrr|rl}
 & & & B & & & & MIN & \\
\hline
 & 1 & 2 & -1 & 0 & 3 & -2 & -2 & \\
 & 0 & 2 & 3 & -1 & -3 & 4 & -3 & \\
A & 4 & -1 & 2 & -3 & 2 & -1 & -3 & \\
 & -2 & 3 & -2 & 1 & -2 & 0 & -2 & \\
 & -1 & 2 & 3 & 0 & -2 & 3 & -1 & MAX\cdot MIN = -1 \\
\hline
MAX & 4 & 3 & 3 & 1 & 3 & 3 & &
\end{array}$$

$$MIN\cdot MAX = 1$$

Jucătorul A alege linia 5, jucătorul B va alege coloana 4.

5.2. Să se determine strategiile pure ale jucătorilor A și B, după criteriul lui von Neumann, într-un joc cu sumă nulă, a cărui matrice este:

$$\begin{array}{c|rrrrr|rl}
 & & & B & & & MIN & \\
\hline
 & -1 & 2 & 0 & 3 & 1 & -1 & \\
 & 3 & 2 & 1 & 2 & 4 & 1 & MAX\cdot MIN = 1 \\
A & -3 & 2 & -1 & 1 & -2 & -3 & \\
 & 2 & 0 & -2 & 3 & -1 & -2 & \\
\hline
MAX & 3 & 2 & 1 & 3 & 4 & & MAX\cdot MIN = MIN\cdot MAX = 1
\end{array}$$

$$MIN\cdot MAX = 1$$

Strategiile optime: jucătorul A linia 2, jucătorul B coloana 3. Jocul posedă un punct de echilibru și valoarea jocului este egală cu 1.

5.3. Într-un joc contra naturii, a cărui matrice este arătată mai jos, să se stabilească strategia pură a jucătorului A, după toate criteriile cunoscute.

$$\begin{array}{c|cccc|l}
 & & N & & & \\
\hline
 & 1 & 2 & 0 & 3 & \\
 & 4 & 1 & 2 & 0 & \\
A & 1 & 3 & 2 & 4 & \leftarrow \\
 & 0 & 1 & 0 & 1 & \\
\hline
\end{array}$$

— Criteriul lui von Neumann:

Jucătorul A linia 3. Dacă în locul naturii nu ar fi un jucător inteligent (jucătorul B), ar alege coloana 3.

— Criteriul lui Laplace:

$$\underset{i}{MAX}\ \frac{a_{i1} + a_{i2} + \ldots + a_{in}}{n}$$

$$\text{linia 1: } \frac{1+2+0+3}{4} = \frac{3}{2}$$

$$\text{linia 2: } \frac{4+1+2+0}{4} = \frac{7}{4}$$

$$\text{linia 3: } \frac{1+3+2+4}{4} = \frac{5}{2} \leftarrow$$

$$\text{linia 4: } \frac{0+1+0+1}{4} = \frac{1}{2}$$

Jucătorul A va alege linia 3.

— Criteriul lui Hurwicz (alegem coeficientul de optimism $= 1/2$):

$$MAX\ [\alpha A_i + (1-\alpha)\ a_i],$$

în care A_i și a_i sînt numărul cel mai mare și cel mai mic dintr-o linie.

$$\text{linia 1: } \frac{1}{2}\times 3 + \frac{1}{2}\times 0 = \frac{3}{2}$$

$$\text{linia 2: } \frac{1}{2}\times 4 + \frac{1}{2}\times 0 = 2$$

$$\text{linia 3: } \frac{1}{2}\times 4 + \frac{1}{2}\times 1 = \frac{5}{2} \leftarrow$$

$$\text{linia 4: } \frac{1}{2}\times 1 + \frac{1}{2}\times 0 = \frac{1}{2}$$

Jucătorul A va alege linia 3.

— Criteriul lui Savage:
Stabilim matricea regretelor:

$$A_{ij} = MAX\ a_{kj} - a_{ij}$$

Se obține:

$$A \begin{array}{|cccc|l} 3 & 1 & 2 & 1 & 3 \leftarrow \\ 0 & 2 & 0 & 4 & 4 \\ 3 & 0 & 0 & 0 & 3 \leftarrow \\ 4 & 2 & 2 & 3 & 4 \end{array}$$

Jucătorul A va alege linia cu regretul minim, adică 1 și 3.

În exemplul acesta, primele trei criterii au dat aceeași soluție. Totuși aplicarea diferitelor criterii poate conduce la soluții diferite.

6. Aplicații ale teoriei jocurilor în probleme de organizare

Aplicația 1. Se studiază problema organizării unui șantier.

S-a ajuns la două variante: o variantă costă 1 500 000 lei, a doua variantă, mai puțin mecanizată, costă 600 000 lei. În cazul în care șantierul va executa lucrarea în termen, întreprinderea va realiza, cu prima variantă de organizare de șantier, o economie de 1 500 000 lei și numai de 700 000 lei cu o organizare de șantier în varianta a doua.

În cazul în care lucrarea trebuie executată înainte de termen, întreprinderea va realiza o economie de 2 500 000 lei cu organizarea de șantier în prima variantă și va pierde 300 000 lei cu organizarea de șantier în varianta a doua.

Ce decizie trebuie luată?

Matricea costurilor (mii lei)

Termen Organizare șantier	Scurtat	Normal
Varianta 1	1 500	1 500
Varianta 2	600	600

Matricea economiilor (mii lei)

Termen Organizare șantier	Scurtat	Normal
Varianta 1	2 500	1 500
Varianta 2	— 300	700

Matricea beneficiilor (mii lei)

	Termen Organizare șantier	Scurtat	Normal	
A	Varianta 1	1 000	0	←
	Varianta 2	— 900	+100	

Fiind un joc contra naturii, se aplică criteriul lui von Neumann numai jucătorului A, care va trebui să aleagă linia 1.

Aplicînd criteriul lui Laplace:

$$\text{linia 1: } \frac{1\,000 + 0}{2} = 500 \leftarrow$$

$$\text{linia 2: } \frac{-900 + 100}{2} = -400,$$

se indică de asemenea linia 1.

Aplicînd criteriul lui Hurwicz cu un coeficient de optimism $\alpha = 0,3$:

$$\text{linia 1: } 0,3 \cdot 1000 + 0,7 \cdot 0 = 300 \leftarrow$$

$$\text{linia 2: } 0,3 \cdot 100 + 0,7 - 900 = -6 \cdot 270,$$

se indică de asemenea linia 1.

Deci strategia de urmat este o organizare de șantier în varianta 1.

Aplicația 2. În cadrul unei întreprinderi centralizate de construcții și montaje energetice se pune problema organizării activității de executare a lucrărilor de organizare a șantierelor. Șantierele de construcții-montaje energetice sînt amplasate pe întregul teritoriu al țării și sînt în număr de 10—15. Organizările de șantier, constînd din ateliere, magazii, platforme tehnologice, construcții provizorii cu caracter tehnologic etc., se pot executa în următoarele variante:

1) de către șantiere de montaj (este de menționat că specificul șantierelor este montaj mecanic-energetic, și nu de organizări);

2) centralizat, organizația centralizată fiind atașată unui șantier de montaj, cu sediul în București;

3) șantier independent cu specific de organizări de șantier atașat întreprinderii de montaje energetice.

Pentru compararea diferitelor variante este necesar să se exprime toate costurile în aceeași unitate de măsură. În cazul pe care îl examinăm vom exprima toate costurile referindu-ne la o producție valorică de 1 000 000 lei.

Vom exprima în cele ce urmează matricea costurilor în următoarele ipoteze:

A — șantierul de montaj local acordă sprijin lotului de organizări;

B — șantierul de montaj local nu acordă sprijin lotului de organizări.

Pentru fiecare cost întocmim matricea corespunzătoare ținînd seamă de cele trei variante și două ipoteze:

a) Costurile materialelor sînt constante (în mii lei);

	A	B
Varianta 1	450	450
Varianta 2	450	450
Varianta 3	450	450

b) Costurile în legătură cu procurarea, transportul și manipulările materialelor (în mii lei):

	A	*B*
Varianta 1	20	20
Varianta 2	24	28
Varianta 3	28	30

c) Costurile legate de manoperă (în mii lei):

	A	*B*
Varianta 1	240	240 (costuri mai mari, nefiind specializați).
Varianta 2	200	220
Varianta 3	200	220

d) Costuri indirecte (în mii lei), fără deplasări:

	A	*B*
Varianta 1	300	300 (durata este mai mare, nefiind specializați)
Varianta 2	250	270
Varianta 3	280	290

e) Costuri indirecte — deplasări (în mii lei):

	A	B
Varianta 1	—	—
Varianta 2	20	25
Varianta 3	20	25

Întocmim matricea costurilor totale, prin însumarea matricelor costurilor parțiale:

f) Costuri totale (în mii lei):

	A	B
Varianta 1	1010	1010
Varianta 2	944	993
Varianta 3	978	1015

Economiile rezultate la 1000 lei producție:
Matricea economiilor se obține scăzîndu-se costurile totale (matricea *f)* din 1 000 lei:

	A	B	min	
Varianta 1	−10	−10	−10	
Varianta 2	56	7	7	$MAX \cdot min = 7$
Varianta 3	22	−15	−15	
max	56	7	—	

Aplicînd criteriul lui von Neumann, varianta 2 este optimă.

Aplicația 3. Se pune problema asigurării pazei unui șantier. Șantierul conține, din punctul de vedere al pazei, două mari zone: zona depozitului deschis de materiale (A) și zona de lucru propriu-zisă (B).

Paza se asigură prin doi paznici. Se cere stabilirea strategiei acestor paznici.

Zona A fiind bine organizată și împrejmuită, se apreciază că posibilitatea de prindere a unui hoț în zona A este de 0,9 dacă paznicul se găsește în zona A și de 0,4 dacă paznicul se găsește în zona B.

Zona B, fiind mai dispersată, mai puțin iluminată, posibilitatea de prindere a unui hoț în zona B este de 0,7, dacă paznicul este în B și de 0,2 dacă paznicul este în A. Tabela 1 rezumă aceste posibilități.

Tabela 1

		hoțul A	hoțul B
Paznicul	A	0,9	0,2
	B	0,4	0,7

Întrucît sînt doi paznici, aceștia pot sta împreună sau separat în zonele A și B. Se calculează posibilitățile totale de prindere pentru cazurile AA (ambii paznici în A), BB (ambii paznici în B) și AB (un paznic în A și unul în B).

Probabilitatea totală de prindere pentru cazul AB, de exemplu, este:

AB = probabilitatea de prindere de către primul paznic + posibilitatea de prindere de către al doilea paznic, dacă primul paznic nu a prins hoțul.

$$p_{AB} = p_A + p_B(1-p_A) = p_A + p_B - p_A \cdot p_B$$

$$p_{AB} = 0{,}9 + 0{,}4 - 0{,}9 \cdot 0{,}4 = 0{,}94 \text{ cînd hoțul este în } A$$

$$p_{AB} = 0{,}2 + 0{,}7 - 0{,}2 . 0{,}7 = 0{,}76 \text{ cînd hoțul este în } B$$

$$p_{AA} = p_A + p_A - p_A \cdot p_A = 0{,}9 + 0{,}9 - 0{,}9 . 0{,}9 = 0{,}99 \text{ cînd hoțul este în } A$$

$$p_{AA} = p_A + p_A - p_A \cdot p_A = 0{,}2 + 0{,}2 - 0{,}2 . 0{,}2 = 0{,}36 \text{ cînd hoțul este în } B$$

etc.

Se sintetizează rezultatele în tabela 2

Tabela 2

		hoțul A	hoțul B	
Cei 2 paznici	AA	0,99	0,36	x_1
	BB	0,64	0,91	x_2
	AB	0,94	0,76	x_3
		y_1	y_2	

Acest tabel reprezintă un joc de strategie între paznici și eventualul hoț.

Paznicii pot adopta strategiile x_1, x_2 sau x_3 pozitive sau nule, a căror sumă este egală cu 1.

Hoțul poate adopta strategiile y_1 și y_2, pozitive sau nule, a căror sumă este egală cu 1.

Strategiile fiecărei părți sînt secrete. Ambele părți se consideră egal de inteligente și prudente. Se stabilește un echilibru: paznicii vor să-și asigure o probabilitate de prindere de cel puțin C. Eventualul hoț vrea să se asigure ca probabilitatea de prindere a lui să fie cel mult C.

Ecuațiile paznicilor sînt:

$$0{,}99\, x_1 + 0{,}64\, x_2 + 0{,}94\, x_3 \geqslant C$$

$$0{,}36\, x_1 + 0{,}91\, x_2 + 0{,}76\, x_3 \geqslant C$$

$$x_1 + x_2 + x_3 = 1$$

$$x_i \geqslant 0\,; \quad i = 1,\ 2,\ 3.$$

Ecuațiile hoțului eventual sînt:

$$0{,}99\, y_1 + 0{,}36\, y_2 \leqslant C \qquad (1)$$

$$0{,}64\, y_1 + 0{,}91\, y_2 \leqslant C \qquad (2)$$

$$0{,}94\, y_1 + 0{,}76\, y_2 \leqslant C \qquad (3)$$

Ecuațiile hoțului se rezolvă grafic substituind $y_2 = 1 - y_1$ și considerîndu-le ecuații:

$$0{,}99\, y_1 + 0{,}36\,(1 - y_1) = C \qquad (1)$$

$$0{,}64\, y_1 + 0{,}91\,(1 - y_1) = C \qquad (2)$$

$$0{,}94\, y_1 + 0{,}76\,(1 - y_1) = C \qquad (3)$$

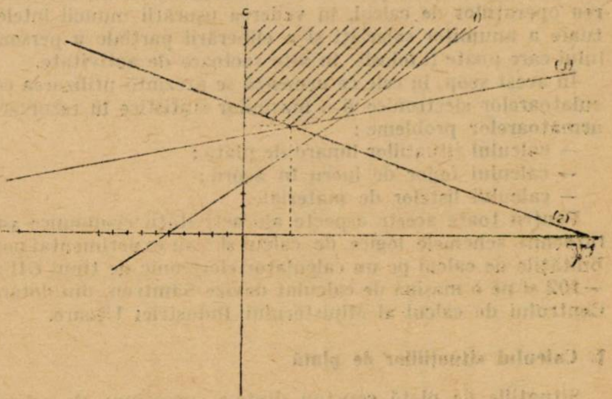


Fig. 1

sau

$$0{,}63\, y_1 + 0{,}36 = C \qquad (1)$$

$$-0{,}27\, y_1 + 0{,}91 = C \qquad (2)$$

$$0{,}18\, y_1 + 0{,}76 = C \qquad (3)$$

Trasînd dreptele (1), (2) și (3) (fig. 1), se obțin zone hașurate, în care orice punct constituie soluție, întrucît satisface inecuațiile hoțului.

Valoarea cea mai mică a lui C este la intersecția dreptelor (2) și (3):

$$-\,0{,}27\, y_1 + 0{,}91 = 0{,}18\, y_1 + 0{,}76$$

$$y_1 = 1/3\,; \quad y_2 = 2/3\,; \quad C = 0{,}82.$$

Deci, pentru această strategie, 1/3 din timp în A și 2/3 din timp în B, eventualul hoț are șansă maximă de prindere $C = 0{,}82$ minimă.

Aceeași valoare C reprezintă șansa minimă de prindere pentru paznici. C reprezintă limita superioară pentru hoț și limita inferioară pentru paznici.

Aceste valori au fost obținute prin intersecția dreptelor (2) și (3), deci prin rezolvarea sistemului de ecuații (2) și (3).

Inecuațiile (2) și (3) au devenit ecuații în soluția optimă. Acest lucru nu este posibil și pentru inecuația (1). Inecuația (1) devine astfel o inecuație strictă.

$$0{,}99\, y_1 + 0{,}36\, y_2 < C$$

$$0{,}99\ 1/3 + 0{,}36 . 2/3 = 0{,}57 < 0{,}82.$$

În acest caz, variabila corespunzătoare x devine nulă în strategiile optime ale paznicilor:

$$x_1 = 0.$$

Cu această valoare, ecuațiile paznicilor devin:

$$0{,}64\, x_2 + 0{,}94\, x_3 = C$$

$$0{,}91 x_2 + 0{,}76\, x_3 = C$$

$$x_2 + x_3 = 1.$$

Rezolvînd ecuațiile paznicilor, se obține:

$$x_2 = \frac{2}{5}$$

$$x_3 = \frac{3}{5}$$

În concluzie, strategia optimă pentru paznici este ca 2/5 din timp să stea ambii în zona B și 3/5 din timp unul în A și altul în B. Cu o asemenea strategie paznicii își asigură o probabilitate de prindere minimă de 82%.

(Articol intrat în redacție la 23 iunie 1967)

Mecanizarea evidenței și calculului în organizațiile de construcții și montaje energetice

Ing. **V. Bîrsănescu** *)

Mecanizarea calculului și a evidenței se impune în mod deosebit în etapa actuală, în cadrul organizațiilor de producție, datorită numeroaselor operații ce trebuie executate într-o perioadă relativ scurtă de timp (sfîrșit de lună, trimestru, an), care suprasolicită un număr mare de salariați.

Prin aplicarea mecanizării în procesul de producție s-au obținut succese importante prin ușurarea efortului fizic al executanților, iar în prezent este absolut necesară mecanizarea operațiilor de calcul, în vederea ușurării muncii intelectuale a anumitor salariați și a eliberării parțiale a personalului care poate fi folosit în alte sectoare de activitate.

În acest scop, în cele ce urmează se prezintă utilizarea calculatoarelor electronice și a mașinilor statistice în rezolvarea următoarelor probleme:

— calculul situațiilor lunare de plată;

— calculul foilor de lucru în acord;

— calculul listelor de materiale.

Pentru toate aceste aspecte ale activității economice s-au întocmit schemele logice de calcul și s-au experimentat posibilitățile de calcul pe un calculator electronic de tipul CIFA—102 și pe o mașină de calculat devize Sämtron, din dotarea Centrului de calcul al Ministerului Industriei Ușoare.

I. Calculul situațiilor de plată

Situațiile de plată constau dintr-o succesiune de articole de deviz, corespunzătoare diferitelor operații tehnologice necesare realizării unui anumit obiectiv: linie electrică aeriană, cablu de înaltă tensiune sau joasă tensiune, post de transformare etc.

Situațiile de plată au ca scop scoaterea în evidență a tuturor cheltuielilor diferențiate pe material, manoperă, utilaj și echipament, care se efectuează.

În acest scop, diferitele articole de deviz conțin valorile unitare de material, manoperă, utilaj și echipament pentru tipul respectiv de operație ($a_{11} \ldots a_{n1} \ldots a_{12} \ldots a_{n2}$; $a_{13} \ldots a_{n3} \ldots$) din tabela 1. Toate aceste valori reprezintă elementele constante ale programului, care, odată introduse în memoria mașinii, pot fi refolosite ori de cîte ori este necesar.

Valorile unitare se înmulțesc fiecare în parte, exceptînd poziția de echipament, cu cantitățile variabile $x_1, \ldots, x_n$ care reprezintă cantitățile cercetate în perioada de referire în cadrul devizului respectiv.

Totalul A reprezintă însumarea pe verticală a tuturor cheltuielilor de cost.

În continuare, valorile obținute suferă amendamente, prin aplicarea unor cote de cheltuieli. De exemplu, în cazul calculului unui deviz pentru linii electrice, aceste cote sînt:

— sporul pentru racorduri scurte pînă la 300 m, care reprezintă 25% din valoarea manoperei;

— cota de aprovizionare a materialelor, care reprezintă 3% din valoarea materialelor;

— cheltuielile de transport al materialelor de la stația de destinație la șantier și cheltuielile de transport al echipamentului, care se găsesc calculate în fiecare anexă a devizului;

— cota de manipulare a materialelor, care reprezintă 0,5% din valoarea manoperei.

Din însumarea acestor valori pe coloanele respective se obține totalul cheltuielilor directe.

La acest total se aplică:

— cota cheltuielilor indirecte, reprezentînd 160% din valoarea manoperei;

— cota de urmărire și recepție echipament, constînd din 0,5% din valoarea echipamentului;

— beneficiul, reprezentînd 1% din totalul cheltuielilor directe.

Din însumarea cheltuielilor directe cu cele indirecte se obține totalul general al devizului.

Articolele de deviz pentru toate categoriile de linii sînt în număr de circa 2000, ceea ce, în cazul realizării unui program general pentru montarea și demontarea tuturor tipurilor de linii electrice de toate tensiunile și folosind toate tipurile de stîlpi ar necesita introducerea în memoria mașinii a circa 8000 de cifre pentru datele inițiale constante și circa 1000 de cifre pentru datele variabile, la care se mai adaugă elementele pentru program. Deci, pentru calculul în această formă, se pretează numai calculatoarele electronice de circa 10 000 celule de memorie.

Acest inconvenient se remediază prin gruparea articolelor în alt mod decît în indicatoare, și anume pe tipuri constructive (de exemplu: montarea liniei electrice aeriene de 15 kV pe stîlpi de beton centrifugat, branșament de joasă tensiune etc.), ceea ce reduce numărul de poziții în lumina performanțelor unui calculator electronic cu un număr de celule de memorie redus.

Programul și exemplele de calcul s-au realizat pe un calculator electronic CIFA—102 și pe o mașină de calculat devize de tipul Sämtron, de la Centrul de calcul al Ministerului Industriei Ușoare.

Efectuarea calculului pe calculatorul CIFA—102 se realizează cu mare rapiditate și precizie. Totuși, se preferă utilizarea unei mașini de tipul Sämtron, care efectuează calculul într-un timp mai lung, dar prezintă avantajul că situația de plată este dactilografiată în forma și numărul de exemplare necesare băncii și beneficiarului.

Prin întocmirea calculului deosebit de laborios al sutelor de situații de plată lunare, printr-un tabel în care, în dreptul

---

*) V. Bîrsănescu este inginer la întreprinderea „Electromontaj” 1.

Tabela 1

Nr. crt.	Indicativele normelor de deviz	Cantitatea	Prețul unitar	Parțial pe articole				
				Material, lei	Manoperă, lei	Utilaj, lei	Total lei	Echipament lei,
0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	W1A10d	x_1 x_2	a_{11} a_{12} a_{13}	$a_{11}\,x_1$ — —	— $a_{12}\,x_1$ —	— — $a_{13}\,x_1$	$x_1 \sum_{1}^{3} a_{1i}$	a_{14}
2	W1A12C1	x_2	a_{21} a_{22} a_{23}	$a_{21}\,x_2$ — —	— $a_{22}\,x_2$ —	— — $a_{23}\,x_2$	$x_2 \sum_{1}^{3} a_{2i}$	a_{24}
......	......	......	......	......	......	......	......	......
n	W1J1	x_n	a_{n1} a_{n2} a_{n3}	$a_{n1}\,x_n$ — —	— $a_{n2}\,x_n$ —	— — $a_{n3}\,x_n$	$x_n \sum_{1}^{3} a_{ni}$	a_{n4}
	Total A			$\sum_{1}^{n} a_{j_1}\,x_j$	$\sum_{1}^{n} a_{j_2}\,x_j$	$\sum_{1}^{n} a_{j_3}\,x_j$	$\sum_{1}^{n} x_j \sum_{\substack{i=1\\j=1}}^{\substack{1=3\\j=n}} a_{ji}$	a_j
	Spor pentru racorduri scurte pînă la 300 m $A = 0{,}52$ la racorduri scurte $A = 0$ la racorduri lungi	—	—	—	$A \sum_{1}^{n} a_{j_2}\,x_j$	—	$A \sum_{1}^{n} a_{j_2}x_j$	—
		—	—	$\sum_{1}^{n} a_{j_1}\,x_j$	$(1+A)\sum_{1}^{n} a_{j_2}x_j$	$\sum_{1}^{n} a_{j_3}x_j$	$\sum_{1}^{n} x_j \sum_{\substack{i=1\\j=1}}^{\substack{i=3\\j=n}} a_{ji} + A \sum_{1}^{n} a_{j_2}x_j$	$\sum_{j=1}^{n} a_{j_4}$
	Cota de aprovizionare a materialelor $3\,\% \sum_{1}^{n} a_{j_1}\,x_j$	—	—	$0{,}03 \sum_{1}^{n} a_{j_1}x_j$	—	—	$0{,}03 \sum_{1}^{n} a_{j_1}\,x_j$	—
	Cheltuieli de transport al materialelor de la stația de destinație la șantier	—	—	B	—	—	B	—
	Cheltuieli de transport al echipamentului	—	—	C	—	—	C	—
	Cota de manipulare a materialului $0{,}5\,\% \sum_{1}^{n} a_{j_1}\,x_j$	—	—	—	$0{,}005 \sum_{1}^{n} a_{j_i}x_j$	—	$\sum_{1}^{n} a_{j_1}x_j$	
	Total cheltuieli directe	—	—	$1{,}03\sum_{1}^{n} a_{j_1}x_j +$ $+ B + C$	$(1+A)\sum_{1}^{n} a_{j_2}x_j +$ $+ 0{,}005 \sum_{1}^{n} a_{j_1}x_j$	$\sum_{1}^{n} a_{j_3}x_j$	$\sum_{1}^{n} x_j \sum_{\substack{1\\j=1}}^{\substack{i=3\\n}} a_{j_1} + A \sum_{1}^{n} a_{j_2}x_j +$ $+ B + C + 0{,}035 \sum_{1}^{n} n_{j_1}x_j$	
	Cheltuieli indirecte 160 % $(1 + A) \sum_{1}^{n} a_{j_2}\,x_j +$ $+ 0{,}005 \sum_{1}^{n} a_{j_1}\,x_j$	—	—	—		—	$1{,}6\,(1 + A) \sum_{1}^{n} a_{j_2}\,x_j +$ $+ 0{,}005 \sum_{1}^{n} a_{j_1}\,x_j$	

Tabela 1 (continuare)

Nr. crt.	Indicativele normelor de deviz	Cantitatea	Prețul unitar	Parțial pe articole				
				Material, lei	Manoperă, lei	Utilaj, lei	Total lei	Echipament, lei
0	1	2	3	4	5	6	7	8
	Cota de urmărire recepție și echipament $0{,}5\,\% \sum_{1}^{n} a_{j4}$	—	—	—	—	—	$0{,}005 \sum_{1}^{n} a_{j4}$	
	Beneficii 1% $\sum_{1}^{n} x_j \sum_{1}^{\substack{j=n\\ i=3}} a_{ji} +$ $+ A \sum_{1}^{n} a_{j2}\, x_j +$ $+ B + C + 0{,}035 \sum_{1}^{n} a_{j1} x_j$	—	—	—	—	—	$0{,}01 \sum_{1}^{n} x_j \sum_{1}^{\substack{i=3\\ n}} a_{ji} +$ $+ A \sum_{1}^{n} a_{j2}\, x_j + B + C +$ $+ 0{,}035 \sum_{1}^{n} a_{j1}\, x_j$	
	Valoarea totală deviz $T = 1{,}01 \sum_{1}^{n} x_j \sum_{1}^{\substack{j=n\\ i=3}} a_{ji} + A \sum_{1}^{n} a_{j2}\, x_j + B + C + 0{,}035 \sum_{1}^{n} a_j\, x_j +$ $+ 1{,}6\ (1 + A) \sum_{1}^{n} n_{j2} + 0{,}005 \sum_{1}^{n} a_{j1}\, x_j + 0{,}005 \sum_{1}^{n} a_{j4}$							

Tabela 2

Profile de șanțuri și traversări pentru așezarea cablurilor

1) nr. 59 traversare cu un tub tip telefon așezat în beton
2) ,, ,, ,, ,, ,, ,, de ciment Ø 100 mm așezat în beton
3) ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, Ø 150 mm ,, ,, ,,
4) ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, Ø 200 mm ,, ,, ,,
5) ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, fontă Ø 100 mm ,, ,, ,,
6) ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, Ø 150 mm ,, ,, ,,
7) ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, Ø 200 mm ,, ,, ,,

Tabela 3

Nr. crt.	Materialul	U. M.	Cantitatea						
			1	2	3	4	5	6	7
1	Tub tip telefon din ciment cu 4 găuri	buc.	1	—	—	—	—	—	—
2	Tub de ciment Ø 100 mm	buc.	—	1	—	—	—	—	—
3	Tub de ciment Ø 150 mm	buc.	—	—	1	—	—	—	—
4	Tub de ciment Ø 200 mm	buc.	—	—	—	1	—	—	—
5	Tub de fontă Ø 100 mm	buc.	—	—	—	—	1	—	—
6	Tub de fontă Ø 150 mm	buc.	—	—	—	—	—	1	—
7	Tub de fontă Ø 200 mm	buc.	—	—	—	—	—	—	1
8	Ciment Portland P—300	kg	68	40	40	40	40	40	40
9	Nisip	m^3	0,136	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
10	Pietriș	m^3	0,272	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
11	Balast	m^3	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15

Tabela 4

Nr. crt.	$L_1 \cdot X_1$	$L_2 \cdot X_2$	$L_j \cdot X_j$	
0	1 2 n_1	n_1+1 n_1+2 n_1+n_2		
1	m_1 C^1_{11} C^1_{12} ... $C^1_{1n_1}$	C^2_{11} C^2_{12} ... $C^2_{1n_2}$	C^j_{11} C^j_{12} ... $C^j_{1n_j}$	$\sum_{\substack{1=1\\k=1}}^{\substack{k=n_1\\1=j}} C^1_{1k}\, x_k$
i	m_i C^1_{i1} C^1_{i2} ... $C^1_{in_1}$	C^2_{i1} C^2_{i2} ... $C^2_{in_2}$	C^j_{i1} C^j_{i2} ... $C^j_{in_j}$	$\sum_{\substack{1=1\\k=1}}^{\substack{k=n_1\\1=j}} C^1_{ik}\, x_k$

numărului de ordine dat, articolul de deviz respectiv, corespunzător adresei din memoria mașinii, se înscriu și cantitățile realizate în perioada respectivă, se realizează o productivitate sporită a muncii lucrătorilor din atelierele de devize, majorîndu-se astfel capacitatea de proiectare a atelierului.

II. Calculul listelor de materiale

Calculul listelor de materiale necesită, de asemenea, operații de calcul excesiv de numeroase care, datorită deselor repetări în condiții asemănătoare, se pretează la efectuarea cu ajutorul mașinilor de calcul.

La baza calculului listelor de materiale stă indicatorul de deviz, care evidențiază, pentru o unitate, dintr-un anumit tip de lucrări, cantitățile respective de materiale.

Astfel, articolul nr. 53, indicatorul de deviz Wr are următoarea componență (tabela 2) și cantități (tabela 5).

Pentru întocmirea programului de calcul în vederea mecanizării operației de calculare a listelor de materiale se propune tabela 4, care conține :

$L_1,\ldots,L_j$ — tipurile de indicatoare de deviz alese pentru specificul respectiv de lucrări, a căror ordine este bine precizată în cadrul programului ;

n_1, $n_2\ldots$ — numărul de subarticole corespunzătoare lui $L_1,\ldots,L_j$, a căror sumă totală este N ; se recomandă ca N să nu aibă o valoare prea mare ;

m_1, $m_2,\ldots$, m_i — diferitele materiale pentru un anumit specific de lucrări, care sînt comune pentru unul sau mai multe articole și care, de asemenea, în cadrul programului, au o poziție precis stabilită ;

C^1_{11}, $C^1_{12},\ldots,C^j_{in_j}$ — cantitățile unitare din diferite tipuri de materiale corespunzătoare articolelor L_k ;

x_1, $x_2,\ldots,x_j$ — cantitățile variabile pentru fiecare tip de deviz în parte.

Lista de materiale se obține prin însumarea pe orizontală pentru materialele $m_1,\ldots$, m_j a cantităților $C^1_{11},\ldots$, $C^j_{in_j}$ înmulțite cu variabilele $x_1,\ldots$, x_j.

Astfel, lui m_i îi corespunde $\sum\limits_{1}^{j \cdot n_1} C^1_{ik}\, x_k$

Programul odată întocmit — care reprezintă un volum de muncă inițial destul de ridicat — , calculatorul trebuie doar să întocmească un tabel cu valorile $x_1,\ldots,x_j$, care, introduse în mașină în poziții bine stabilite, dau valorile $m_1,\ldots,m_i$.

III. Calculul foilor de lucru în acord

Calculul foilor de lucru în acord constă în operații executate lunar de către sectorul de normare din cadrul fiecărui șantier, prin care se determină salariul în acord pentru fiecare muncitor în parte, în funcție de categoria sa de salarizare, de operațiile executate de formația de lucru din care face parte în perioada respectivă.

Formularul foii de lucru în acord cuprinde, pe una din fețe operațiile în acord executate de formația respectivă încadrată în normele de rigoare, normele corespunzătoare de timp, prețul unitar și cantitățile variabile executate (tabela 5). Cealaltă față a formularului (tabela 6) conține pontajul formației de lucru într-o perioadă determinată, categoria de salarizare pentru fiecare muncitor în parte, salariul orar, produsul dintre prețul unitar și numărul de ore efectuate, precum și salariul muncitorului, obținut prin prețul unitar înmulțit cu numărul de ore efectuate, înmulțit cu indicele de depășire de normă.

Tabela 5

Nr. crt.	Norme de timp	Prețul unitar	Cantitățile executate	1×3	2×3
0	1	2	3	4	5
1	a_1	b_1	x_1	$a_1 \cdot x_1$	$b_1 \cdot x_1$
2	a_2	b_2	x_2	$a_2 \cdot x_2$	$b_2 \cdot x_2$
n	a_n	b_n	x_n	$a_n \cdot x_n$	$b_n \cdot x_n$
				$\sum\limits_1^k a_k x_k$	$\sum\limits_1^k b_k x_k$

Pentru realizarea programului se folosesc tabelele 5 și 6, care cuprind :

$a_1\ldots a_m$ — norme de timp pentru specificul respectiv de lucrări care au o poziție bine stabilită în program ;

$b_1\ldots b_m$ — prețurile unitare corespunzătoare ;

$x_1\ldots x_m$ — cantitățile efectuate de formația de lucru pentru fiecare poziție $a_1\ldots a_m$ în perioada dată ;

$\sum\limits_1^n b_k x_k$ — valoarea totală a salariului formației respective ;

$c_1\ldots c_z$ — categoria de salarizare a fiecărui muncitor ;

$d_1\ldots d_z$ — prețul unitar pentru fiecare categorie de salarizare în parte ;

$l_1\ldots l_z$ — numărul de ore efectuate de fiecare muncitor în parte ;

$\sum\limits_1^z d_i\, l_i$ — salariul total al echipei la un indice de depășire de normă egală cu 1 ;

$\dfrac{\sum\limits_1^n b_n\, x_n}{\sum\limits_1^z d_i\, l_i}$ — indicele de depășire de normă.

Tabela 6

Nr. crt.	Categoria de salarizare a muncitorilor	Prețul unitar	Nr. de ore efectuate	Total I 2×3	Salariul
0	1	2	3	4	5
1	c_1	d_1	l_1	$d_1 l_1$	$\frac{d_1 l_1 \sum_1^n b_k x_k}{\sum_1^z d_i l_i}$
z	c_z	d_z	l_z	$d_z l_z$	$\frac{d_z l_z \cdot \sum_1^n b_k x_k}{\sum_1^z d_i l_i}$
Total			$\sum_1^z l_i$	$\sum_1^z d_i l_i$	$\sum_1^n b_k x_k$

Numărul z este determinat de maximul de muncitori dintr-o formație (de exemplu 15 muncitori pentru o echipă de iluminat, 6 muncitori pentru o echipă pentru asamblare de stîlpi la linii, 100 muncitori pentru o echipă de pozat cabluri). În cadrul lui z se rezervă un număr de poziții bine determinate, corespunzătoare unei categorii de salarizare, pe care poate să-l cuprindă formația respectivă. Astfel, în cadrul componenței probabile a unei echipe de pozat cabluri se disting :

— categoria 7, max. 2 muncitori, poziții rezervate 1, 2 ;

— categoria 6, max. 4 muncitori, poziții rezervate 3, 4, 5,6 ;

— categoria 5, max. 4 muncitori, poziții rezervate 7, 8, 9, 10 ș.a.m.d.

Pentru aplicarea metodei se stabilește ca, începînd de la prezentarea raportului de activitate, să se repete succesiunea normelor de timp indicată în tabela 5. În dreptul fiecărei norme de timp se mai adaugă cantitățile $x_1 \ldots x_n$.

Paralel cu aceasta se întocmește pontajul respectiv, cu indicarea orelor efectiv lucrate pentru fiecare muncitor în parte, de asemenea cu respectarea strictă a calificării stabile.

Prin introducerea acestor date în mașină se obțin la pozițiile respective din coloane valorile salariului în acord.

Aplicarea metodei indicate mai sus creează posibilitatea folosirii unui personal redus în sectoarele de normare ale întreprinderilor și șantierelor subordonate TEM.

Concluzii

Metodele menționate prezintă următoarele avantaje :

— sporirea vitezei în obținerea datelor, în calcularea și prelucrarea acestora, aproximativ de 2—3 ori față de metodele tradiționale ;

— mărirea gradului de precizie a rezultatelor ;

— posibilitatea verificării corectitudinii datelor obținute chiar în timpul lucrului ;

— eliberarea unui personal tehnic specializat, care poate fi folosit în alte domenii de activitate — aproximativ 3—4 salariați din sectoarele de calculație și normare.

Mecanizarea evidenței și calculului materialelor de construcții și montaje energetice, ca metodă superioară de organizare în sectorul construcții-montaj, asigură îndeplinirea în condiții corespunzătoare a sarcinilor ce privesc determinarea și analiza influenței planului de organizare asupra îndeplinirii planului de lucrări și asupra desfășurării activității economico-financiare. Ea asigură controlul asupra integrității materialelor, precum și descoperirea și valorificarea tuturor resurselor interne.

(Articol intrat în redacție la 4 aprilie 1967)

CRONICĂ

Consfătuirea specialiștilor țărilor membre CAER privind utilizarea calculatoarelor electronice numerice în sistemele energetice

Între 13 și 17 noiembrie 1967 a avut loc la Tatranska-Lomnița (R.S.C.) o ședință de lucru la care au participat specialiști din R.P.B., R.P.P., R.S.C., R.P.U., U.R.S.S. și țara noastră.

În cadrul ședinței s-a făcut un schimb de informații privind situația utilizării calculatoarelor electronice cifrice în sistemele electroenergetice ale țărilor membre CAER.

Materialele prezentate și discuțiile care au avut loc au scos în evidență utilizarea în calculele de regimuri staționare a următoarelor tipuri de calculatoare numerice mai dezvoltate : Elliott 503, Elliott 4120, M—220.

Dintre metodele matematice de rezolvare a problemei amintite, în afara procedeului Seidel-Gauss, răspîndit în prezent, se utilizează din ce în ce mai mult algoritmele bazate pe triangularizarea matricei]Y], pe procedee de eliminare ordonată, și metoda Newton — Raphson. În discuții s-au menționat de asemenea aspecte legate de : introducerea caracteristicilor statice ale consumatorilor, controlul, depășirii limitelor de încărcare a rețelei, automatizarea schimbării ploturilor autotransformatoarelor, îmbunătățirea convergenței procesului iterativ de calcul al regimurilor etc.

În domeniul calculului curenților de scurtcircuit sînt de menționat preocupări privind considerarea sarcinilor asincrone, precum și diferitele moduri de reprezentare a generatoarelor sincrone.

Problemele de calcul al stabilității statice și dinamice au fost analizate sub aspectul creșterii gradului de siguranță în funcționarea sistemului energetic, fiind discutate, printre altele, următoarele direcții de îmbunătățire a algoritmelor de calcul :

— considerarea la generatoare a proceselor tranzitorii, a saturației, a reglajelor de tensiune și viteză, precum și a automatizărilor de avarie ;

— considerarea la consumatori a caracteristicilor statice și dinamice ale sarcinilor ;

— utilizarea în calcule a mai multor noduri de balansare, ceea ce conduce la îmbunătățirea convergenței procesului iterativ.

Discuțiile au evidențiat de asemenea criteriile de înrăutățire progresivă a regimurilor în vederea analizei stabilității statice a sistemului. Aceste criterii sînt gradate în două categorii, ținînd seamă de limitele de exploatare a sistemului și de limitele tehnice ale utilajelor.

În cadrul ședinței, specialiștii din țara noastră au prezentat o serie de realizări obținute în domeniul utilizării calculatoarelor numerice în studiul, proiectarea și exploatarea sistemului energetic național, făcînd totodată un util schimb de experiență.

Ing. A. **Petroianu**, ing. B. **Ungureanu**
și ing. G. **Plăvițu**

Sesiunea de comunicări tehnico-ştiinţifice a Institutului de studii şi proiectări hidroenergetice

În zilele de 18 şi 19 ianuarie 1968 a avut loc la Bucureşti a treia sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice a Institutului de studii şi proiectări hidroenergetice (I.S.P.H.).

Referatul general prezentat la şedinţa de deschidere de conf. dr. ing. Fl. Iorgulescu, directorul ISPH, a pus în evidenţă realizările importante obţinute de institut în efectuarea lucrărilor de studii-prospecţiuni, cercetări de laborator şi în elaborarea proiectelor pentru importantele obiective hidroenergetice date în exploatare în ultima perioadă sau în stadiu de construcţie, precum şi sarcinile importante care revin institutului în etapele următoare.

La şedinţa de deschidere au salutat lucrările sesiunii dr. ing. E. Pavel, directorul Direcţiei tehnice din Ministerul Energiei Electrice, prof. dr. ing. O. Rusu, vicepreşedinte al Consiliului Naţional al inginerilor şi tehnicienilor din R.S. România, prof. ing. R. Prişcu, prorector al Institutului de construcţii din Bucureşti, ing. S. Dumitrescu, directorul Institutului de studii şi cercetări hidrotehnice (ISCH), dr. ing. V.I. Nitu, directorul Institutului de studii şi proiectări energetice (ISPE), ing. Al. Georgescu, inginer şef la Întreprinderea de construcţii hidroenergetice (ICH).

La lucrările sesiunii au participat cadre de conducere din Ministerul Energiei Electrice şi Comitetul de Stat al Apelor, cadre didactice din învăţămîntul tehnic superior, cercetători şi proiectanţi din institutele de cercetări şi proiectări de specialitate, reprezentanţi ai Întreprinderii de construcţii hidroenergetice.

Au fost prezentate 112 referate în cadrul a patru secţii de specialitate:

Secţia A — *Hidraulică aplicată, hidrologie, hidrometrie* — 29 referate.

Secţia B — *Construcţii hidrotehnice* — 30 referate.

Secţia C — *Echipamente electromecanice* — 14 referate.

Secţia D — *Studii şi cercetări pentru construcţii energetice* — 39 referate.

La sesiune au participat cu referate cadre didactice din învăţămîntul superior, ingineri şi cercetători de la alte organizaţii de specialitate.

În cadrul *secţiei A* s-au prezentat referate care sintetizează experienţa acumulată în cercetarea pe modele hidraulice referitoare la ecluze, disipatoare de energie, bazine de liniştire, deversoare, stavilele barajelor, metode noi de măsură electronică în cercetările hidraulice ş.a. În referatele de hidrometrie şi hidrologie s-au făcut cunoscute unele rezultate obţinute în urma studiilor efectuate privind granulometria aluviunilor în suspensie pe Dunăre şi rîurile interioare, hidrologia rîurilor de munte cu bazine mici şi instalaţiile hidrometrice realizate pentru studiul acestora, modelarea şirurilor de date hidrologice cu ajutorul calculatoarelor electronice numerice, corectarea bilanţului hidrologic, erori la calculul curbelor de durată etc.

În cadrul *secţiei B*, referatele prezentate au cuprins numeroase probleme legate de proiectarea centralelor hidroelectrice şi construcţiilor hidrotehnice.

Printre problemele cu caracter general se menţionează referatele privitoare la proiectarea construcţiilor hidrotehnice din beton slab armat, aplicarea pînzelor subţiri în construcţiile hidrotehnice, aplicarea metodei drumului critic în proiectarea obiectivelor hidroenergetice ş.a.

În domeniul barajelor s-au prezentat referate în legătură cu folosirea calculatoarelor electronice pentru analiza stabilităţii barajelor din materiale locale, încercări dinamice pentru baraj în arc, aspecte legate de devierea apelor, unele rezultate ale măsurătorilor de control efectuate la barajele realizate ş.a.

S-au prezentat referate de sinteză asupra evoluţiei proiectării nodurilor de presiune ale CHE pe canale, concepţii noi în proiectarea CHE pe canale. De asemenea, o serie de referate au arătat principiile de calcul şi proiectare a elementelor ecluzelor fundate pe terenuri stîncoase, sistemele de alimentare a ecluzelor, soluţii, metode de lucru şi utilaje moderne folosite la devierea apelor Dunării şi la pomparea apelor din incintele batardourilor de la Sistemul hidroenergetic şi de navigaţie Porţile de Fier ş.a.

La *secţia C* s-au prezentat, printre altele, în domeniul hidromencanic, consideraţii privind modul de dimensionare a agregatelor pentru centrale hidroelectrice de derivaţie, rezistenţa la eroziune cavitaţională şi abrazivă a unor oţeluri utilizate în construcţia SHEN Porţile de Fier, proiectarea vanelor golirilor de fund, stadiul actual de dezvoltare a turbinelor Francis etc. În domeniul electric, referatele au atacat probleme diverse, ca tendinţe actuale în realizarea protecţiilor de distanţă, consideraţii asupra construcţiei barelor pentru curenţi de intensitate foarte mare, amplasarea descărcătoarelor cu rezistenţă variabilă pentru protecţia transformatoarelor, alimentarea cu energie electrică a serviciilor interne de curent alternativ la CHE etc.

În cadrul *secţiei D*, referatele au prezentat studii petrografice din zonele Porţile de Fier, Lotru, metode utilizate pentru stabilirea coeficienţilor geotehnici, determinarea indicilor de alterare a rocilor, a rezistenţei la forfecare, instalaţii noi proiectate şi realizate în cadrul institutului ş.a.

De asemenea au fost expuse rezultatele încercărilor statice şi dinamice şi ale studiilor fotoelasticimetrice efectuate în laboratoarele institutului pentru baraje în arc, diverse uvraje ale SHEN Porţile de Fier, cercetări asupra utilizării aditivilor la prepararea betoanelor, folosirea măsurătorilor cu ultrasunete pentru determinarea calităţii betonului şi controlul radiometric al calităţii execuţiei compactării la barajele de pămînt ş.a.

Problemele ridicate în referate şi-au dovedit actualitatea şi importanţa prin interesul manifestat de participanţi, referatele constituind în numeroase cazuri un prilej pentru largi dezbateri.

Sesiunea ISPH a demonstrat încă o dată capacitatea cadrelor din institut de a rezolva problemele tot mai ample şi mai complexe puse de dezvoltarea electrificării ţării noastre în etapa următoare.

Simpozionul privind „Extrapolarea şi compararea preţurilor de revenire a energiei nuclearoelectrice în lume" — Londra 9—13 octombrie 1967

Dezvoltarea rapidă a energeticii nucleare în ultimii ani a dus centralele nuclearoelectrice în pragul concurenţei economice cu centralele termoelectrice clasice. Determinarea limitelor competitivităţii economice depinde de un număr mare de factori, dintre care cei mai importanţi îi constituie baza de preţuri şi metodologia de calcul adoptată.

În literatura de specialitate există în prezent o multitudine de date economice care variază în limite de la simplu la dublu şi pentru care nu se cunosc bazele de calcul, iar revistele de specialitate publică metodologii de calcul bazate pe diverse criterii şi premise.

Necesitatea unui schimb public de păreri în aceste probleme a determinat Agenţia Internaţională pentru Energia Atomică, cu sediul la Viena, să organizeze la Londra între 9 şi 13 octombrie 1967 un simpozion internaţional pe teme economice, intitulat: „Extrapolarea şi compararea preţurilor de revenire a energiei nuclearoelectrice în lume".

La acest simpozion au participat aproximativ 200 de specialişti din 32 ţări şi 7 organizaţii internaţionale, care au susţinut un număr de 22 referate.

Programul simpozionului a prevăzut desfăşurarea lucrărilor în trei sesiuni în serie, cu o zi de discuţii la masă rotundă şi o zi vizitarea centralelor nuclearoelectrice de la Dungeness sau Bradwell.

Tematica pe sesiuni a fost următoarea:

Sesiunea I — Probleme generale ale extrapolării costurilor energiei nuclearoelectrice.

Sesiunea II — Extrapolarea investiţiilor.

Sesiunea III — Extrapolarea costurilor combustibililor nucleari.

Sesiunea I

În cadrul acestei sesiuni, pentru probleme generale ale extrapolării costurilor energiei nuclearoelectrice, s-a prezentat cel mai mare număr de referate (nouă) care au tratat în special probleme de metodologii de calcul al economicităţii centralelor nucleare, probleme de finanţare, de risc şi garanţii etc.

Întrucît concurenţa dintre centralele nucleare şi cele clasice a depăşit limitele studiilor economice generale şi a intrat în domeniul concurenţei comerciale, iar limitele de competitivitate sînt mult apropiate, în cadrul referatelor prezentate s-a scos în evidenţă importanţa condiţiilor comerciale de contractare, a condiţiilor de finanţare şi a condiţiilor de amplasare.

O atenţie deosebită s-a acordat în această situaţie limitelor în care se poate face extrapolarea costurilor în energetica nucleară şi sensibilităţii acestora la influenţa parametrilor tehnico-economici ai centralelor nuclearoelectrice (mărime unitară, durată de viaţă, factor de încărcare, costuri de exploatare, grad de ardere a combustibilului, taxe etc.).

În afară de prezentarea rezultatelor calculelor de economicitate efectuate pe baza mai multor metode (marginală, parametrică, statistică etc.), care arătau efectul economic direct asupra preţului energiei electrice, s-au scos în evidenţă şi o serie de aspecte conexe care pot influenţa asupra economicităţii energeticii nucleare. Dintre acestea se pot exemplifica efectele pe care le are asupra economicităţii sistemelor energetice introducerea în ritm intens a energeticii nucleare, problemele ridicate de asigurarea în ritm intens cu uraniu a unor programe masive de construcţie de centrale nucleare, corelate cu variaţiile de cost ale acestuia şi plutoniului etc.

D-l Gaussens (Franţa) a prezentat o categorie nouă de probleme economice ale CNE, intitulată „economia externă a centralelor nucleare”, înţelegînd prin aceasta efectele conexe provocate în diferite ramuri ale economiei naţionale (proprii sau ale unui partener) de utilizarea energiei nucleare. În referat se studiază şi se evaluează, comparativ pentru centralele nucleare şi centralele clasice, aspecte legate de creşterea nivelului tehnico-ştiinţific, a calităţii produselor, a apariţiei tehnicii noi etc. sau a poluării atmosferei, securitatea în aprovizionarea cu combustibil etc.

În cadrul problemelor generale s-au dezbătut şi aspecte legate de filozofia garanţiilor tehnice nucleare, apărînd şi păreri care solicitau ca riscurile să fie împărţite între cumpărătorul şi furnizorul de echipament nuclear.

Sesiunea a II-a

Trecerea de la general la particular în problema investiţiilor şi costului energiei electrice a format tematica celor şapte referate prezentate în această sesiune.

Referatele prezentate au arătat că valorile economice publicate în literatura de specialitate nu trebuie luate separat, fără să se cunoască conţinutul lor, ci interpretate statistic, în funcţie de condiţiile de realizare şi funcţionare ale centralelor nucleare, după anumite metode, din care una s-a prezentat chiar la această sesiune.

De asemenea s-au discutat factorii care afectează costurile de export ale centralelor nuclearoelectrice (specificaţie, manufactură, condiţii de amplasare, garanţii, risc, condiţii şi termene de plată, timp şi metode de construcţie, inspecţii, comisionar, taxe şi costuri de capital în timpul construcţiei, escaladări, costuri de exploatare etc.). Reactorul cu apă grea de 135 MW_e tip canadian, construit în Pakistan, a costat cu 15% mai mult datorită acestor costuri de export.

O atenţie deosebită s-a acordat problemelor de extrapolare a costurilor nucleare în ţările în curs de dezvoltare, cu toate că referatele respective nu au conchis asupra unor valori ale mărimilor unitare minime a centralelor nucleare de la care energia nucleară devine economică în aceste ţări.

În această sesiune s-au efectuat evaluări ale centralelor nucleare de diferite tipuri (PHWR, BWR, AGR etc.), construite în diferite ţări, ca: Japonia, R. F. a Germaniei, Anglia, Canada etc., prezentîndu-se analize de preţuri şi comparaţii. De remarcat scăderea rapidă a investiţiei specifice, în centralele nucleare, cu puterea. De exemplu o centrală nucleară echipată cu un reactor PHWR realizează o investiţie specifică de 480 $/kW la o putere de 135 MWe, 265 $/kW la 350 MWe şi 220 $/kW la 600 MWe, respectiv cu următoarele costuri ale energiei electrice: 7,99 mills/kWh, 4,85 mills/kWh şi 4,16 mills/kWh.

De asemenea s-au remarcat şi au suscitat discuţii costurile scăzute anunţate de firma AEG pentru centralele echipate cu reactoare BWR construite în Germania (150 $/kW pentru 1 × 600 MW şi 105 $/kW pentru 2 × 600 MW) comparativ cu 150 $/kW pentru 1 × 800 MW în S.U.A. sau 110—130 $/kW pentru 3 × 1100 MW în S.U.A. şi 200 $/kW pentru 1 × 350 MW în Scandinavia.

Sesiunea a III-a

Deoarece ponderea combustibilului nuclear în preţul energiei electrice reprezintă încă o cotă de 25—35%, problema economicităţii centralelor nucleare este strîns legată de reducerea cotei de combustibil. Din această cauză, în prezent şi la această sesiune s-a acordat o atenţie deosebită problemelor legate de optimizarea ciclului de combustibil.

Toate referatele ţinute în cadrul acestei sesiuni s-au ocupat cu precădere de problemele de metodologii de calcul.

La centralele nuclearoelectrice, problema ciclului de combustibil este mult mai complicată decît la centralele termoelectrice clasice şi prezintă aspecte noi deoarece necesită un proces de fabricaţie mult mai lung şi mai complicat cu un număr mare de operaţii complexe pentru a transforma materia brută în combustibil finit; combustibilul nuclear scos din reactor nu este un deşeu, ci are o valoare care trebuie să fie luată în consideraţie în calcule; există o multitudine de forme de procurare a lui (închiriere, cumpărare etc.).

Datorită acestui lucru, problemele ciclului de combustibil cît şi ale optimizării lui sînt foarte grele şi necesită studii asupra tuturor parametrilor implicaţi.

Metodele de calcul prezentate analizează şi interpretează fiecare fază a ciclului de combustibil (costurile materiilor fisile şi fertile, fabricarea şi reprelucrarea combustibilului iradiat, inclusiv costul transportului şi împachetării, sarcinile financiare legate de taxe, impozite, credite, chirii, asigurări etc.), corelate cu modul de utilizare a combustibilului nuclear în reactor, indicînd în variante costurile pe faze.

Din referate a reieşit că ciclul de combustibil nu depinde de amplasamentul geografic al unităţilor nucleare; depinde în schimb de aspectele economice şi industriale, de mărimea programului nuclear şi a puterii unitare a reactorului. Creşterea puterii unitare a reactorului de la 200 la 400 MW conduce la o scădere mai accentuată a costului ciclului de combustibil (4—8%) faţă de aceeaşi creştere pentru un reactor de 600 MW (1—2%). O creştere a puterii unui program nuclear de la 3000 la 10 000 MWe conduce la o scădere a ciclului combustibilului nuclear de 30% pentru reactoarele cu uraniu natural şi numai de 12—15% pentru reacoarele cu uraniu îmbogăţit.

Discuţii la masă rotundă

Discuţiile purtate în ultima zi a simpozionului au relevat că în toate ţările se acordă o atenţie deosebită problemei economicităţii centralelor nucleare.

Extrapolarea valorilor economice de la o ţară la alta este dificilă şi nu se poate face suficient de exact, deoarece metodele de calcul existente prezintă prea multe simplificări şi condiţiile de realizare şi funcţionare a centralelor nucleare sînt mult prea diferite pentru a se putea face generalizări universal valabile (depind de prea multe date locale).

Cu toate că metodele de calcul sînt diferite, s-a putut conchide totuşi că în Europa costurile nucleare sînt mai ridicate decît în S.U.A. şi că în Anglia energia nucleară este numai cu o diferenţă mică mai scumpă decît energia clasică.

Analizîndu-se problema importurilor, s-a arătat că, în general, la beneficiar, pentru condiţii tehnice egale, preţul energiei electrice este mai ridicat decît la furnizor.

În ceea ce priveşte ciclul de combustibil nuclear, s-a relevat faptul că nu este încă precizată o metodologie de calcul a ciclului de combustibil şi că o importanţă deosebită o prezintă problema plutoniului atît în ceea ce priveşte valoarea cît şi existenţa unei pieţe a plutoniului.

În ceea ce priveşte costul combustibilului nuclear s-a relevat necesitatea ca această problemă să fie cu atenţie analizată în cadrul centralelor nucleare, iar ciclul de combustibil să fie studiat integrat în ansamblul economiei naţionale, deoarece condiţiile sînt diferite de la ţară la ţară şi nu se pun aceleaşi probleme nici pentru centralele nucleare şi nici pentru ciclul de combustibil.

Dr. ing. **C. Wlezek**

Lista comunicărilor prezentate la simpozion

Sesiunea I. **Probleme generale ale extrapolării costului**

SM-100/19	K. B., Stadic : Limitele costului energiei nucleare la generalizarea comparaţiilor.
SM-100/10	B. Leo : Sensibilitatea costului kWh nuclear la variaţia unor parametri.
SM-100/20	V. Belelli, G. Gualtieri, L. Sani : Influenţa parametrilor tehnico-economici asupra comparării preţurilor de revenire a energiei nuclearoelectrice.
SM-100/5	P. Falcon : Incidenţele modalităţilor de finanţare şi a opţiunilor fiscale asupra costului centralelor nucleare.
SM-100/7	C. Bertonazzi : Influenţa garanţiilor tehnice de performanţă asupra dezvoltării centralelor nucleare.
SM-100/3	T. W. Berrie, P. E. Betts : Aprecierea costurilor diferitelor propuneri de centrale în sistem CEGB.
SM-100/6	R. Janin : Influenţa condiţiilor locale asupra alegerii investiţiilor în domeniul nuclear pentru un producător de electricitate.
SM-100/4	C. E. Iliffe, P. J. Searby : Probleme asociate cu integritatea diferitelor tipuri de reactoare într-un sistem generator.
SM-100/9	J. Gaussens, R. Bonnet : Economii externe legate din compararea costurilor producţiei de electricitate nucleară.

Sesiunea a II-a. **Extrapolarea investiţiei**

SM-100/16	M. Martensson : Analiza statistică a costului de construcţie a centralelor nucleare.
SM-100/1	G. R. Bainbridge : Factorii care efectuează costurile de export a centralelor de putere nucleară.
SM-100/12	R. F. Fortune : Experienţa canadiană pe piaţa mondială în ceea ce priveşte centralele nucleare.
SM-100/17	D. Schwartz : Compararea şi extrapolarea internaţională a costurilor energiei nucleare pentru centralele cu reactoare BWR (cu apă în fierbere)
SM-100/18	T. Inonye : Probleme privind evaluarea costului centralelor nucleare în Japonia.
SM-100/21	ABM Nurul Islam : Comparaţie a economicităţii costului reactorului canadian cu apă grea în condiţiile din Canada şi Pakistan.
SM-100/22	J. Lane, M. Kahn : Extrapolarea costurilor energiei nucleare în cazul ţărilor în curs de dezvoltare.

Sesiunea a III-a. **Extrapolarea costului combustibilului**

SM-100/11	G. B. Scuricini : Variaţiile în costul ciclului combustibilului datorită factorilor locali.
SM-100/8	L. Thiriet : Influenţa efectului de scară asupra costurilor ciclului de combustibil al filierelor nucleare.
SM-100/14	M. Zizza, Y. P. Davis : Calculul costului combustibilului nuclear.
SM-100/15	L. Macklin : Evoluţia costurilor ciclului combustibilului.
SM-100/2	J. E. Shallcross : Extrapolarea costurilor ciclului de combustibil.

Recenzii

S.A. ULIANOV **Regimuri tranzitorii ale sistemelor electrice** (traducere din limba rusă, adoptată şi completată). Editura Tehnică, Bucureşti, 1967, 640 p.

Lucrarea reprezintă traducerea ediţiei din 1964 a lucrării lui S.A. Ulianov, cunoscut inginerilor energeticieni din România prin lucrarea sa „Scurtcircuite în sistemele electrice", apărut în limba română în 1954 în Editura energetică de stat.

Cuprinde un studiu aprofundat asupra fenomenelor tranzitorii în sistemele electroenergetice în general şi asupra scurtcircuitelor în special. Are un conţinut mai bogat decît prima lucrare şi un caracter teoretic mai pronunţat.

Sînt analizate procesele electromagnetice tranzitorii atît în cazul menţinerii simetriei sistemului cît şi în cazul prevederii simetriei sistemului.

Într-o formă clară şi accesibilă, cartea cuprinde metode şi exemple numeroase pentru calculul nesimetriilor transversale şi longitudinale ale sistemelor electrice.

Traducerea este completată cu trei capitole, scrise de ing. H. Albert şi ing. S. Ionescu, privind folosirea calculului matricial, a calculatoarelor numerice şi a mesei de curent continuu în calculul curenţilor de scurtcircuit. Acestea corespund necesităţilor de studiu al sistemului energetic român.

Lucrarea se adresează inginerilor şi tehnicienilor care se ocupă cu studiul, proiectarea şi exploatarea sistemelor energetice, studenţilor electrotehnicieni şi energeticieni.

P. D.

INFORMAŢII TEHNICE

Tarifele pentru energie electrică în S.U.A.

În S.U.A. tarifele pentru energie electrică diferă funcţie de proprietarul sistemului energetic. Proprietatea de stat atinge în S.U.A. circa 20% din totalul energiei anuale produse. La baza tarifului energiei electrice stabilit de diferitele companii stă principiul acoperirii tuturor cheltuielilor companiei legate de producerea energiei, vînzarea energiei, cît şi asigurarea unui beneficiu care nu poate depăşi un anumit procent stabilit de stat. Cu toate acestea, beneficiul este destul de ridicat pentru a atrage capital în industria energetică. În principal, cheltuielile fixe, ca amortismentul (12%), impozitul (24%) şi cheltuielile de asigurare, împreună cu dobînda la capital reprezintă 43—44%, iar cheltuielile de exploatare (salarii, materiale ajutătoare, reparaţii etc.) reprezintă 56—57%.

Principalul element al cheltuielilor de exploatare este combustibilul, care are o pondere de circa 78%.

Din cauza scăderii continue a cheltuielilor de exploatare în ultimii zece ani, a existat tendinţa generală de scădere a tarifelor.

Stabilirea tarifului pentru consumatorii industriali se face pe sistemul binom : prima parte avînd la bază tariful diferenţiat pentru puterea în kW consumată şi care este astfel stabilit încît să asigure beneficiul planificat ; a doua parte reprezintă partea suplimentară a tarifului şi se referă la cantitatea de energie electrică consumată. Această parte acoperă cheltuielile de exploatare şi se stabileşte pe baze variabile (bloc-tarif). Acest sistem de tarif se stabileşte pentru toate categoriile de consumatori industriali în afară de iluminatul public.

În afară de metoda arătată, în S.U.A. se mai practică o serie de tarife, dar care se rezumă la aceleaşi elemente combinate sub diferite forme. Pentru consumatorii casnici există un tarif fix pentru o tranşă bine definită de energie electrică şi care scade treptat pe măsura creşterii consumului.

Unele companii tind spre creşterea tarifelor, iar altele spre scădere. Cele care tind spre scăderi au în vedere mărirea prin aceasta a consumului şi a beneficiului final. Tarifele diferitelor companii diferă între ele şi între state.

Cel mai mare tarif este cu circa 15% mai mare decît tariful mediu, iar cel mai ieftin cu 30—35% sub cel mediu.

Valoarea absolută a tarifelor energiei electrice este redată la sfîrşitul lucrării.

(Energohozeaistvo za rubejom, nr. 6, 1967, p. 38—40)

Transportul combustibilului şi gospodăria de cale ferată la centralele termoelectrice din S.U.A.

Transportul şi descărcarea cărbunilor destinaţi termocentralelor reprezintă probleme importante în S.U.A.

În zonele din nordul S.U.A. se ridică probleme legate de dezgheţarea cărbunilor. Aceasta se asigură prin diferite forme, ca: instalaţii cu raze infraroşii, sisteme de încălzire cu arzătoare cu gaz fără flacără, sisteme electrice.

În vederea prevenirii distrugerii vagoanelor prin oxidare, pereţii acestora sînt realizaţi din oţel inoxidabil.

Timpul de încălzire mediu necesar pentru realizarea unei dezgheţări corespunzătoare este de circa 2—4 ore, iar puterea maximă folosită, în cazul sistemelor electrice, este de 2800 kW. Cantitatea de energie electrică folosită pentru dezgheţarea unui vagon la —18°C este de circa 170 kWh. Un sistem de încălzire modern folosit în ultimul timp este cel al încălzirii pereţilor vagoanelor pe cale electrică; energia electrică necesară pentru aceasta este furnizată de locomotivă.

În vederea prevenirii îngheţării cărbunilor la trasee de peste 100 ore se experimentează vagoane speciale cu pereţi din masă plastică poroasă.

Transportul cărbunilor se face în cea mai mare parte cu ajutorul vagoanelor şi în mică parte cu sisteme hidraulice sau pneumatice prin conducte.

În cazul folosirii vagoanelor, descărcarea se face prin intermediul sau al unor dispozitive de rabatere ce cuprind 1 sau 2 vagoane în acelaşi timp, sau al unor vagoane speciale cu sisteme de deschidere speciale.

Unul dintre cele mai moderne sisteme îl reprezintă tipurile noi de vagoane cu deschidere completă atît a pereţilor cît şi a fundului în timpul trecerii pe stacada de descărcare. Se lucrează la realizarea unor sisteme care să permită descărcarea în maximum 20 s a unui vagon.

Greutatea unui eşalon de cărbune este de circa 35 mii tone, iar viteza de circulaţie de circa 60—100 km/h.

În scopul reducerii costurilor de transport al cărbunelui, s-au experimentat sisteme de transport prin conducte. În prezent se experimentează sistemul de transport combinat: păcură-cărbune şi cărbune-apă.

Liniile de transport ale combustibilului în interiorul centralelor sînt concepute în sistemul buclă. Chiar în cazul aşezării centralei pe malul unui rîu, aceasta este asigurată cu linie ferată de transport, linie ce se foloseşte iarna, cînd rîul devine nenavigabil.

(Energohozeaistvo za rubejom, nr. 6 1967, p. 40—43)

Italia construieşte prima centrală nuclearoelectrică de mare putere. Organizaţia de stat ENEL a luat recent hotărîrea construirii primei centrale nuclearoelectrice de mare putere, ce va fi amplasată probabil în nordul Italiei. Se prevede punerea în funcţiune a centralei în anul 1972, puterea ei situîndu-se între 600 şi 750 MW. Se prevede construirea în continuare a unor instalaţii asemănătoare, la intervale de 1 la 2 ani.

În vederea realizării acestei centrale, s-au constituit o serie de grupări de firme italiene, în legătură cu marile firme constructoare de echipament nuclear, mai ales din S.U.A. şi Anglia, şi se aşteaptă cu nerăbdare hotărîrile care urmează a fi luate de ENEL. În orice caz, prima centrală nuclearoelectrică de mare putere din Italia va fi echipată cu reactoare de concepţie străină.

Pe lîngă aceasta se depun în Italia eforturi mari în legătură cu dezvoltarea de construcţii proprii de reactoare de tipuri avansate. S-au luat recent o serie de hotărîri importante în legătură cu construirea de prototipuri. Astfel, se va realiza reactorul CIRENE, un convertor moderat cu apă grea şi răcit cu „ceaţă de apă obişnuită"; el urmează să constituie baza dezvoltării unei versiuni cu o putere de 500 MW. De asemenea, este prevăzută construirea reactorului ROVI, moderat cu apă grea şi răcit cu substanţe organice, reactor conceput ca sursă de energie pentru instalaţii de desalinare a apei de mare. O astfel de instalaţie la scară industrială, cu puteri de ordinul 35 la 135 MW, ar putea acoperi nevoile de apă ale unui oraş cu o populaţie de 150 000—800 000 locuitori.

(Electrizitätsverwertung, vol. 42, nr. 10, 1967)

Un reactor reproducător de 300 MW în S.U.A. O organizaţie americană, compusă din şapte societăţi de electricitate din statul New York, a dat societăţii „General Electric" o comandă în valoare de 5 milioane dolari pentru dezvoltarea componentelor principale ale unui reactor reproducător rapid răcit cu sodiu. Scopul lucrării este stabilirea elementelor componente ale unei centrale experimentale de acest tip, cu o putere de 300 MW, centrală care urmează a fi instalată în statul New York, cu punerea în funcţiune în 1975. Costurile totale ale programului sînt estimate la peste 100 milioane dolari.

Componentele principale care urmează a fi dezvoltate sînt: proiectarea mecanică a dispoziţiei combustibilului; sistemul de încărcare şi descărcare a combustibilului; concepţia instalaţiilor de măsură şi control al condiţiilor de răcire; sistemul auxiliar de control; generatorul de abur.

Pe lîngă varianta de reactor reproducător răcit cu sodiu, „General Electric" urmăreşte activ şi varianta răcirii cu abur, pornind de la principiul că eforturile nu trebuie îndreptate numai într-o direcţie, cu atît mai mult cu cît experienţele de pînă acum cu reactoare răcite cu metale nu sînt satisfăcătoare.

(Electrizitätsverwertung, vol. 42, nr. 10, 1967)

Belgia, Olanda şi R. F. G. colaborează la construcţia unui prototip de reactor rapid răcit cu sodiu. După o comunicare a unui grup industrial olandez, se va realiza prin colaborare cu o organizaţie belgiană şi una vest-germană proiectul şi construcţia unui prototip de reactor reproducător rapid, răcit cu sodiu, avînd puterea de 300 MW. În prezent a fost stabilită diviziunea activităţii între cei trei parteneri. Lucrările de studii şi proiectare sînt prevăzute a fi încheiate în 1969, iar începutul construcţiei prototipului este prevăzut pentru anul 1970. Lucrarea va fi terminată în 1974.

Componentele principale ale instalaţiei se vor cerceta în prealabil pe circuite de încercare. Cele mai importante sînt un circuit termic de 50 MW pentru generatoarele de abur şi schimbătoarele de căldură, un circuit de încercare pentru pompe de sodiu foarte mari şi o instalaţie pentru studiul reacţiilor sodiu-apă.

Lucrările celor trei grupuri reprezintă continuarea pe plan industrial a programelor de cercetări susţinute de Euratom în Belgia, R. F. G. şi Olanda.

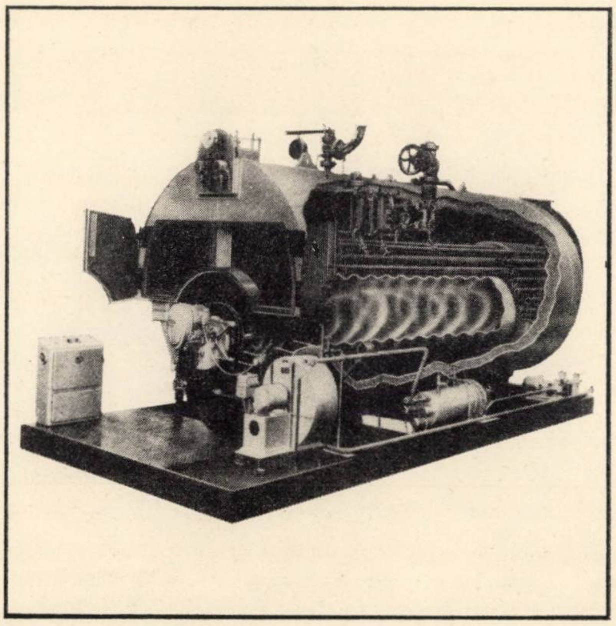
(Electrizitätsverwertung, vol. 42, nr. 10, 1967)

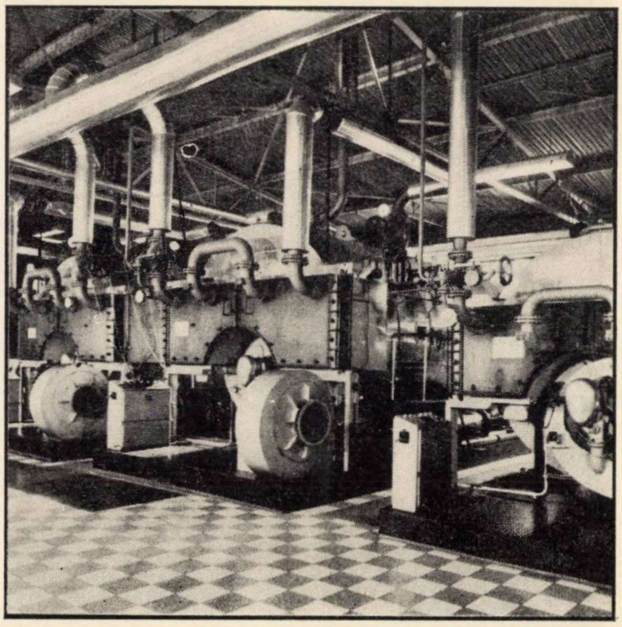
În 1980 40% din energia electrică va fi produsă în centrale nuclearoelectrice. După indicaţii oficiale, puterea totală care trebuie instalată în R.F.G. între anii 1970 şi 1980 va fi de circa 45 000 MW. Ar fi posibil ca jumătate, poate chiar două treimi din această nouă putere să revină centralelor nuclearoelectrice. Aceste instalaţii ar putea participa în anul 1980 cu 40% la producerea totală de energie electrică, considerînd că, din producţia totală de 450 TWh circa 180 TWh să fie produse în centrale nuclearoelectrice. Aceasta ar însemna că, peste 13 ani, aceste centrale vor produce atîta energie cîtă se produce în prezent în toate centralele electrice din R.F. a Germaniei.

(Siemens Zeitschrift, nr. 41, 12, 1967)

Cazane de constructie compactă

STANDARD-CONDOR-KESSEL





Cazan cu trei drumuri de gaze, combinat cu tub de flacără şi ţevi de fum, echipat cu o cameră de întoarcere a gazelor de ardere, răcită cu apă, fără zidărie, montat pe un cadru. Pregătit pentru intrarea în funcţiune, cu toate instalaţiile necesare unei funcţionări complet automate. Instalaţia de ardere este construită pentru arderea păcurii, gazelor sau arderea combinată a păcurii şi a gazelor. Reglajul arderii se face în trepte sau continuu, cu adaptare exactă la debitul momentan al cazanului. Funcţionarea cazanului este asigurată printr-un sistem electronic împotriva oricăror deranjamente posibile. Printr-o funcţionare de probă făcută în fabrică, cazanul este reglat pentru debitul efectiv. Cazanul se montează fără fundaţie. După ce s-au racordat conductele de combustibil, de apă, de abur şi instalaţia electrică, cazanul este în stare de funcţionare.

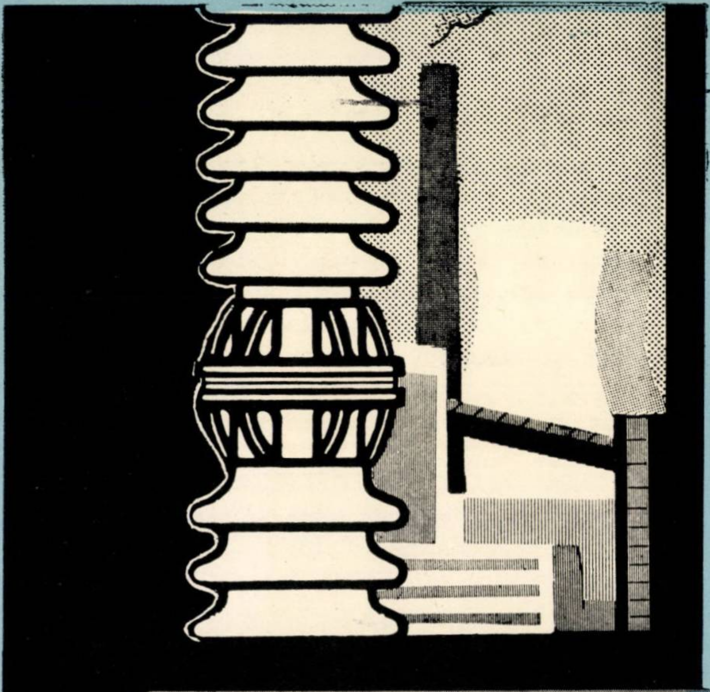
STANDARD-CONDORKESSEL (cazanele Condor-standard) s-au verificat în toate domeniile termoenergeticii şi electroenergeticii. Ele se utilizează la presiuni înalte pentru producerea de abur saturat şi supraîncălzit, la joasă presiune şi pentru apă supraîncălzită. Există peste 30 de mărimi de cazane cu debite de abur de la 160 kg/h la 20 t/h. Presiunea atinge 25 kgf/cm^2, în funcţie de mărimea cazanului. Pentru valori mai mari, producem STANDARD-PORTAKESSEL (cazane Porta-standard), cazane acvatubulare de construcţie compactă.

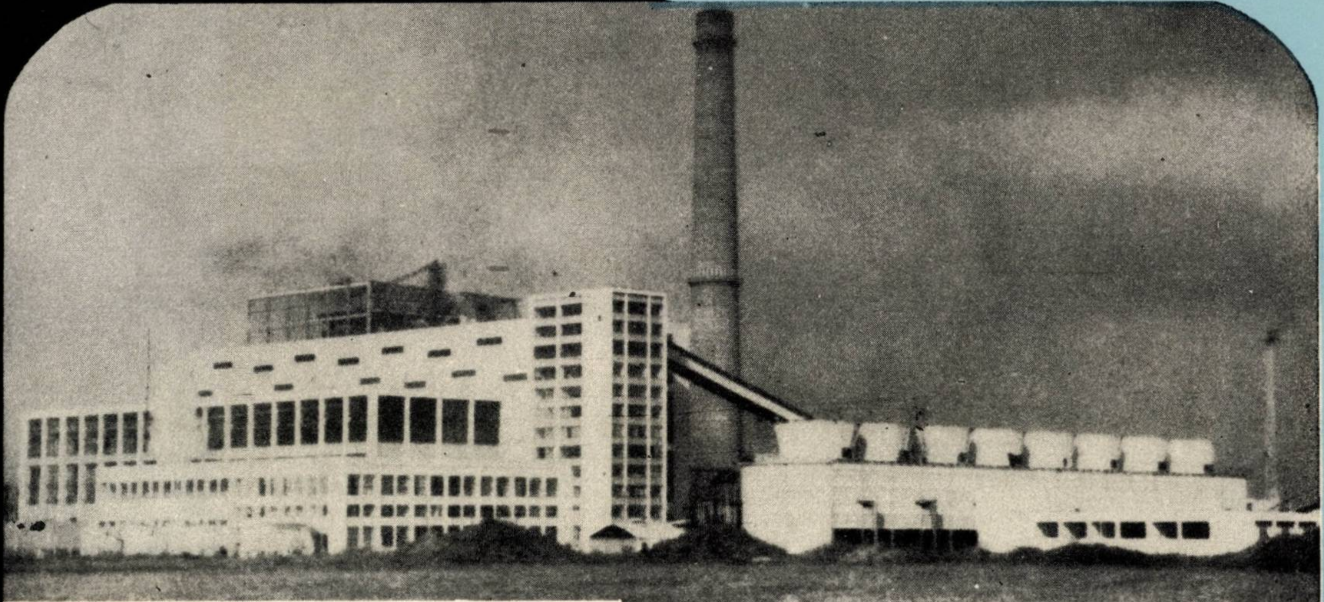
STANDARDKESSEL DUISBURG

SKG STANDARD

R. F. a Germaniei

41 Duisburg
Wilhelmshöhe
☎ 02131/3 43 41
0855 650





- *ÎNTREPRINDERE PRODUCĂTOARE DE ENERGIE ELECTRICĂ ŞI TERMICĂ ÎNZESTRATĂ CU ECHIPAMENTE ŞI INSTALAŢII MODERNE:*
  - — grupuri cu o putere totată de 105 MW, cu condensaţie şi prize de termoficare
  - — cazane de abur cu un debit total de 680 t/h, funcţionînd cu cărbune sau păcură la 140 ata şi 570°C
  - — răcirea apei se face în circuit mixt cu turnuri cu tiraj forţat
  - — automatizarea electronică a procesului tehnologic.
- *PRIN PROCESUL DE PRODUCŢIE ÎNTREPRINDEREA ASIGURĂ:*
  - — alimentarea cu energie electrică şi termică zona industrială a oraşului Oradea şi împrejurimi
  - — termoficarea oraşului Oradea
- *C.E.T. ORADEA ESTE INTERCONECTATĂ LA SISTEMUL ENERGETIC NAŢIONAL, CĂRUIA ÎI FURNIZEAZĂ ENERGIE ELEC-*

CET

ORADEA

TRUSTUL
Electromontaj

Execută prin unitățile sale de construcții

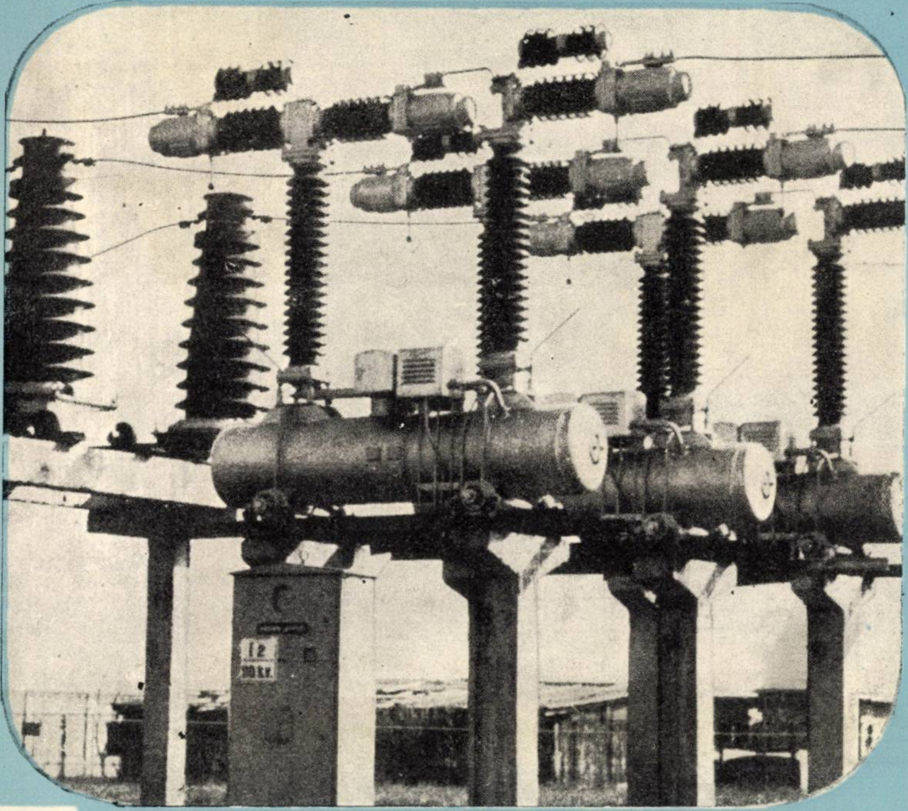
- Statii electrice și posturi de transformare
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuție
- Electrificări rurale

Produce prin unitățile sale industriale:

- Stîlpi metalici
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionați
- Celule și panouri pentru centrale și stații electrice
- Posturi de transformare urbane si rurale complet prefabricate
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, statii, posturi de transformare si linii electrice de transport si distribuție

BUCUREȘTI, CALEA MOȘILOR 158 — TELEFON 16.63.30

I.R.E.



TRANSPORTĂ ŞI DISTRIBUIE:

energie electrică prin rețele de înaltă, medie și joasă tensiune, asigurînd alimentarea cu energie electrică a consumatorilor din regiune;

EXECUTĂ:

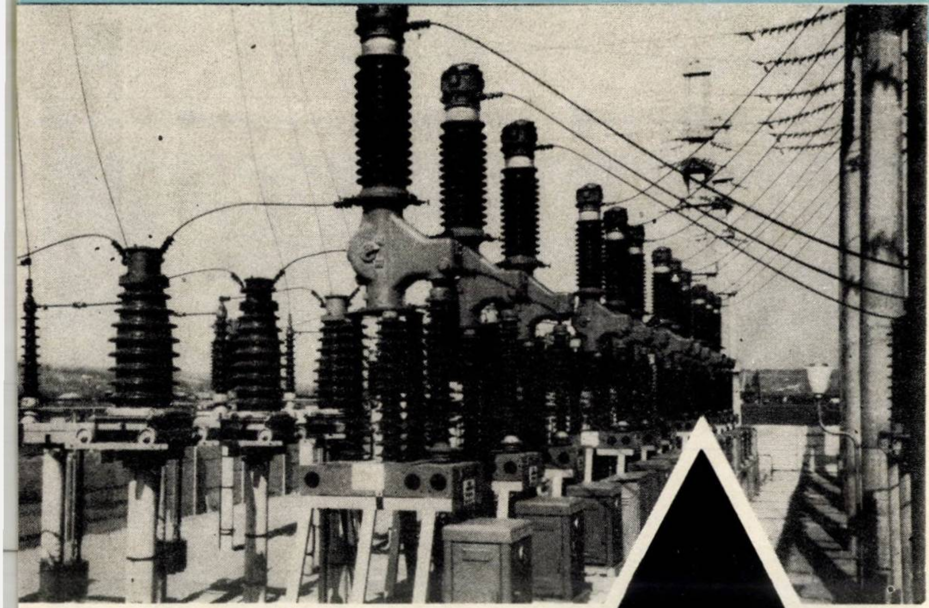
rețele electrice de medie și joasă tensiune pentru orașe și sate; instalații interioare în mediu urban și rural;

PROIECTEAZĂ:

linii, posturi și stații electrice, electrificări rurale, automatizări și modernizări în instalații energetice.

CLUJ

ÎNTREPRINDEREA REGIONALĂ DE ELECTRICITATE CLUJ



IRE

BACĂU

- Transportă şi distribuie energie electrică prin reţelele sale, alimentate din sistemul energetic naţional, asigurînd tuturor consumatorilor de energie electrică o bună deservire.
- Proiectează reţele, staţii şi posturi de transformare.
- Execută reţele şi posturi de transformare, instalaţii interioare în mediul urban şi rural.

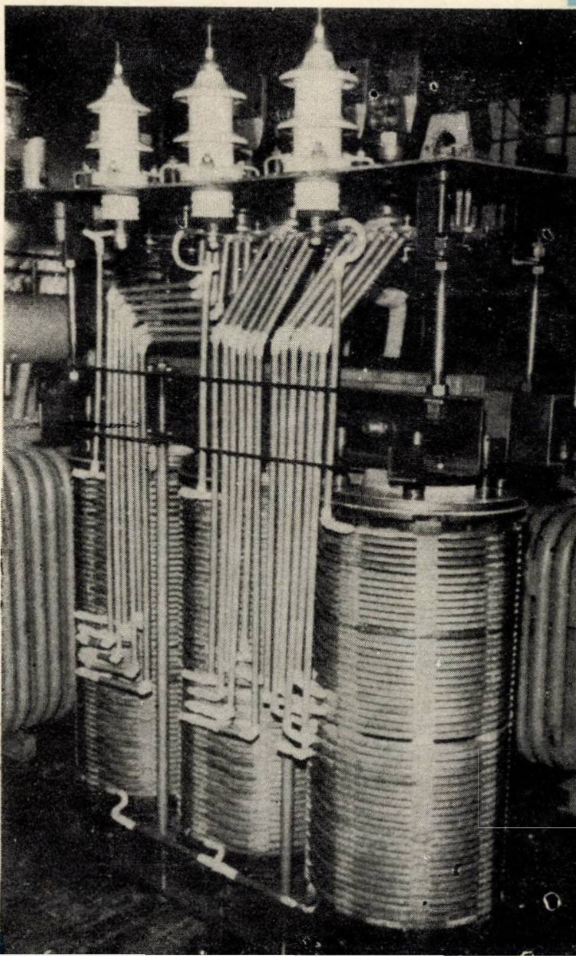
Execută reparaţii:

- la transformatoare de forţă şi măsură cu puteri pînă la 40 MVA şi tensiuni pînă la 110 kV
- la întrerupătoare şi separatoare pentru toate tensiunile

Execută lucrări mecanice:

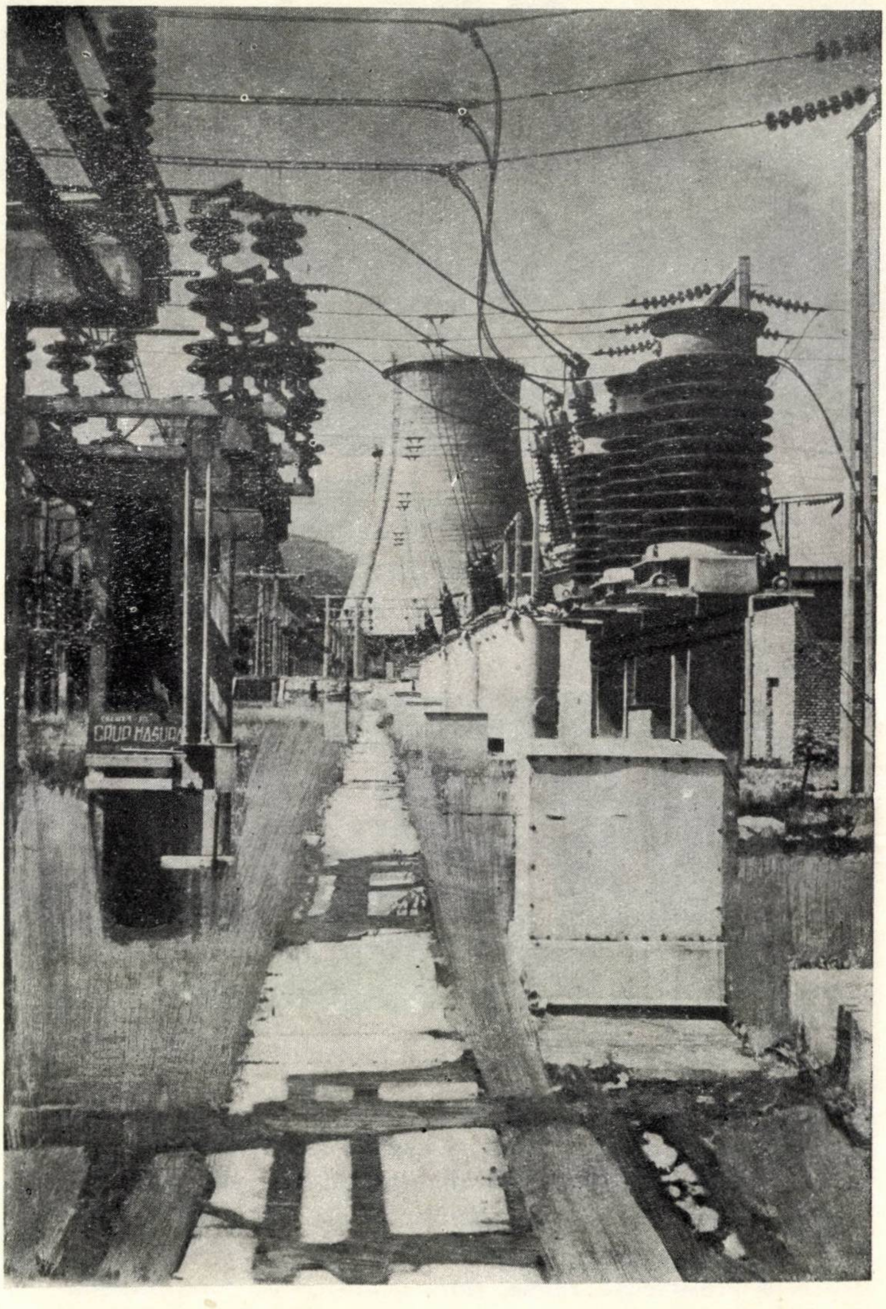
- de confecţii metalice pentru linii electrice aeriene;
- de scule şi dispozitive specifice lucrărilor energetice

ÎNTREPRINDEREA REGIONALĂ DE ELECTRICITATE BACĂU
STRADA KARL MARX N. 33 ● TELEFON: 1.00.80

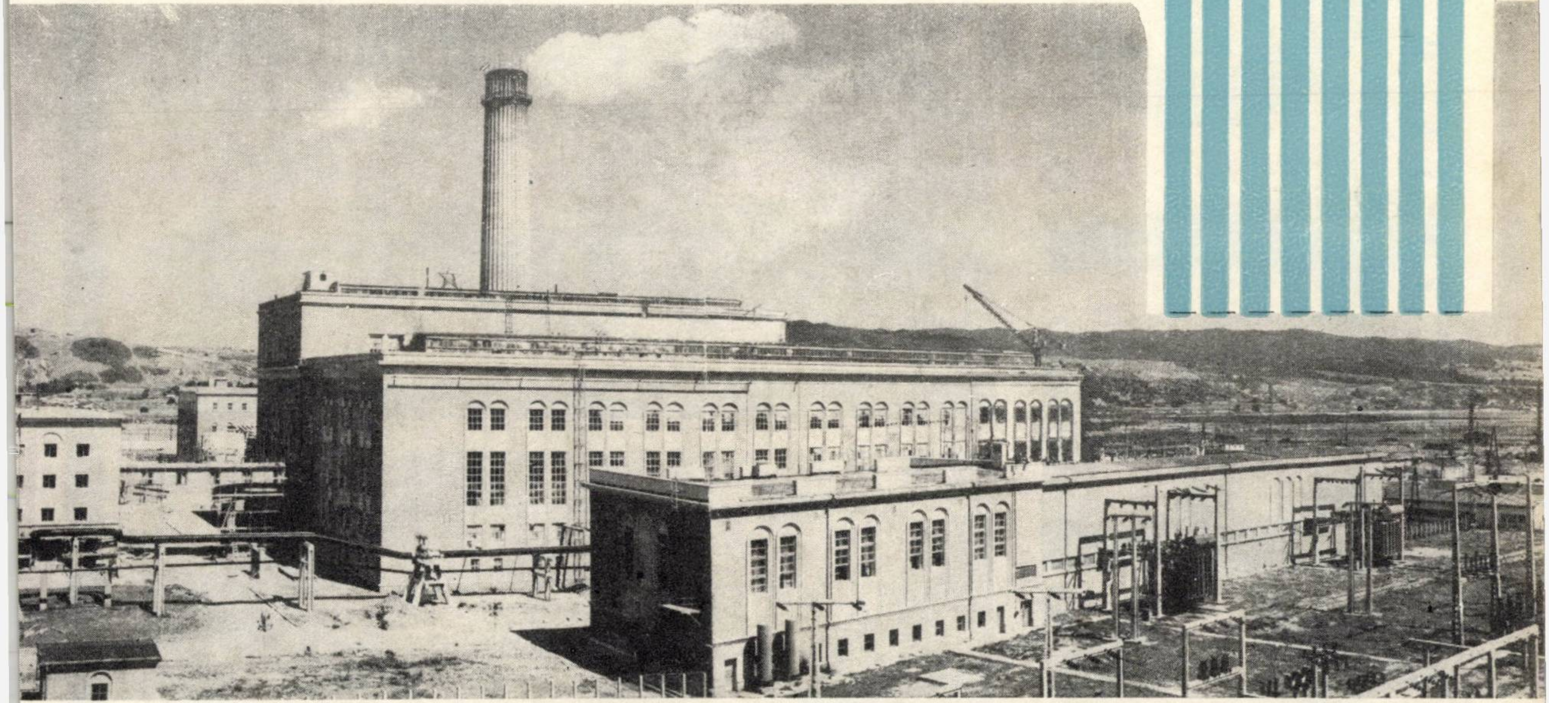


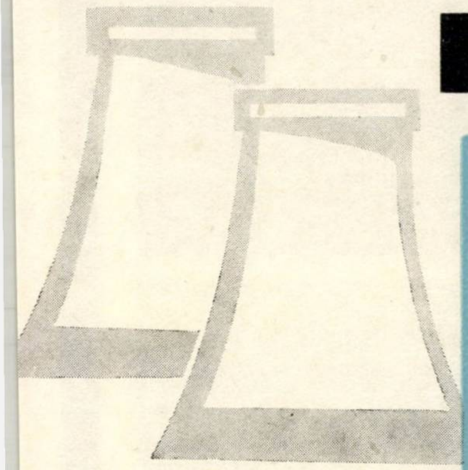
produce şi furnizează sistemului energetic naţional energie electrică.

IEC Paroşeni este înzestrată cu instalaţii şi utilaje la nivelul tehnicii mondiale, avansate, producînd şi furnizînd energie electrică în condiţii tehnice superioare.



INTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE Paroşeni

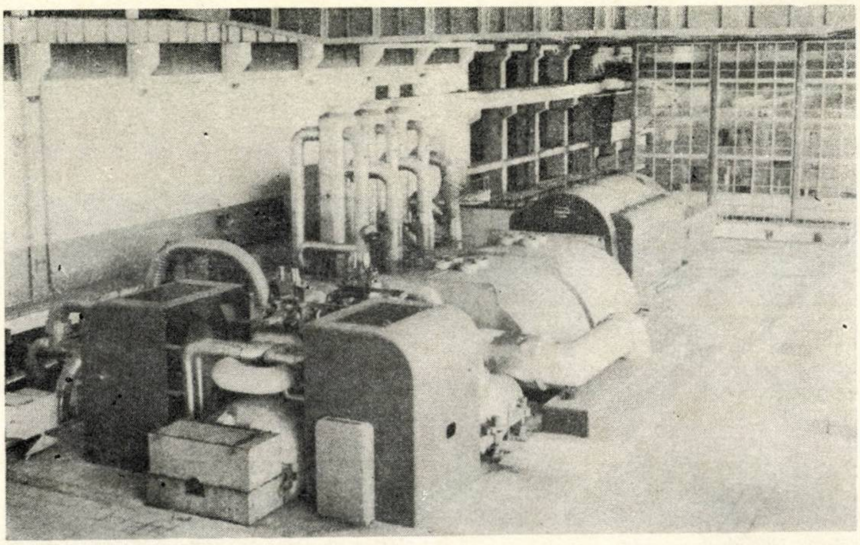


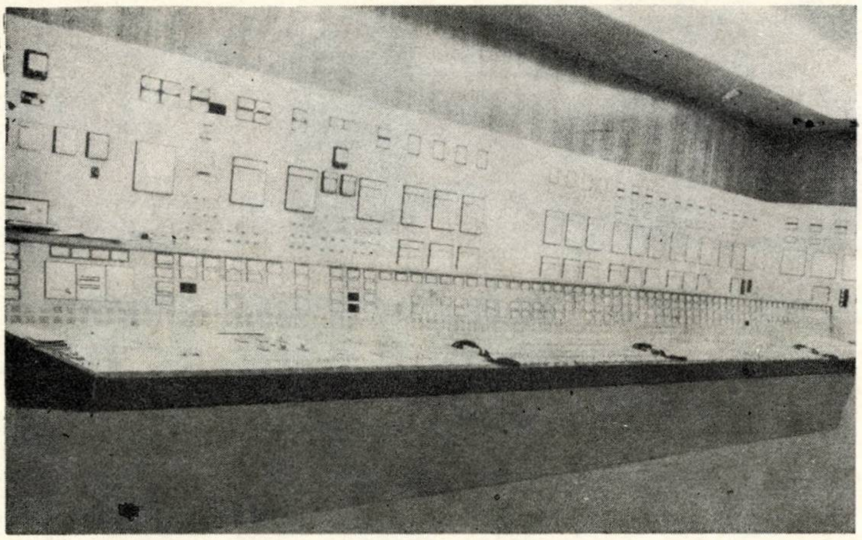


INTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE BORZEȘTI

- produce și furnizează sistemului energetic național energie electrică
- asigură cu energie electrică și căldură consumatorii din orașul Gheorghe Gheorghiu-Dej și consumatorii industriali de pe Valea Trotușului

ÎNTREPRINDEREA CENTRALĂ ELECTRICĂ DE TERMOFICARE CRAIOVA





— produce și furnizează, prin instalațiile sale, sistemului energetic național, energie electrică;

— produce și livrează căldură consumatorilor industriali din zonă.

CET Craiova dispune de o putere instalată de peste 650 MW și se va extinde pînă la 1000 MW, cu încă un grup de 330 MW.

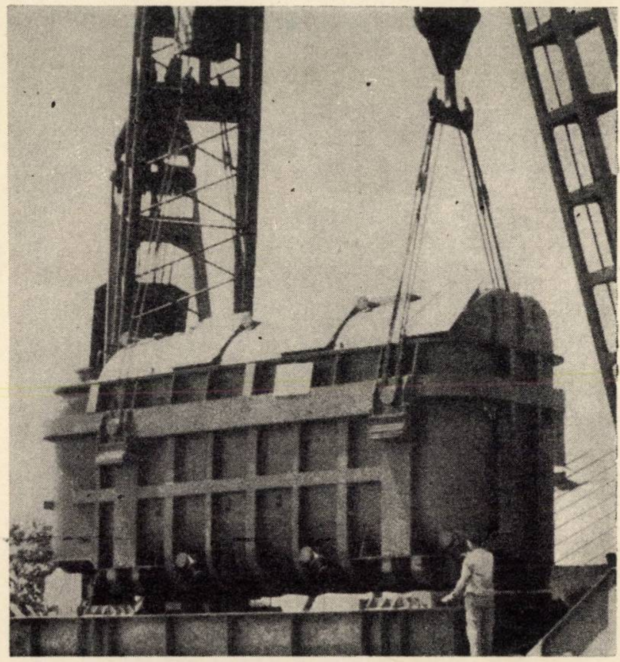
CET Craiova dispune de grupuri moderne de instalații cu un înalt grad de automatizare și de concentrare a comenzilor.

CET Craiova va fi prima centrală în care se vor instala calculatoare electronice.

INTREPRINDEREA

ELECTROMONTAJ
BUCUREȘTI

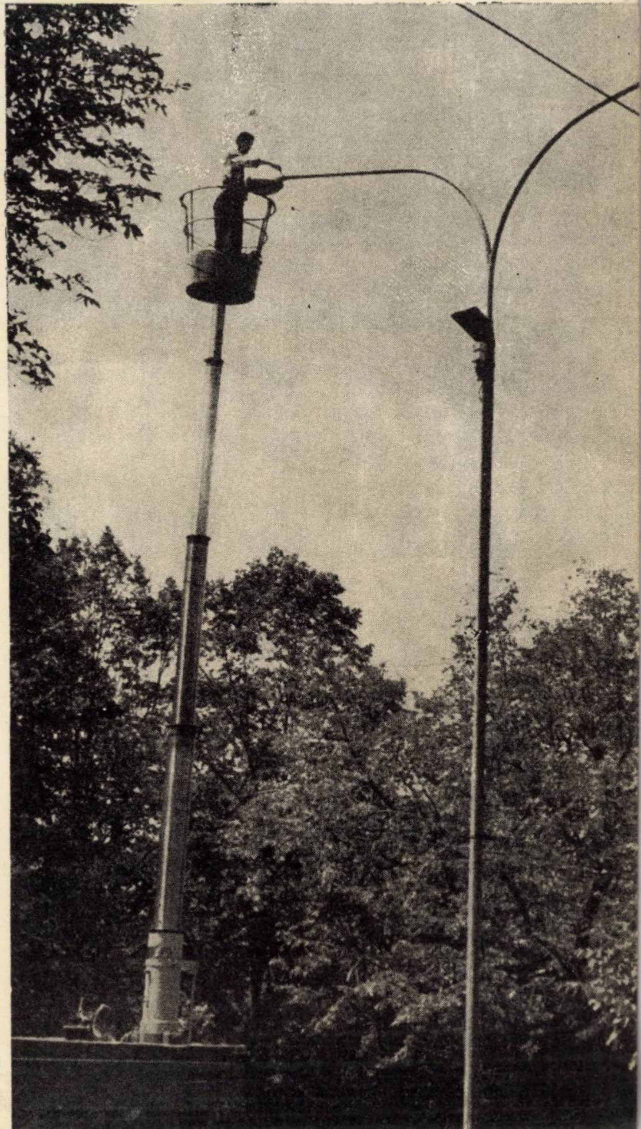
EM

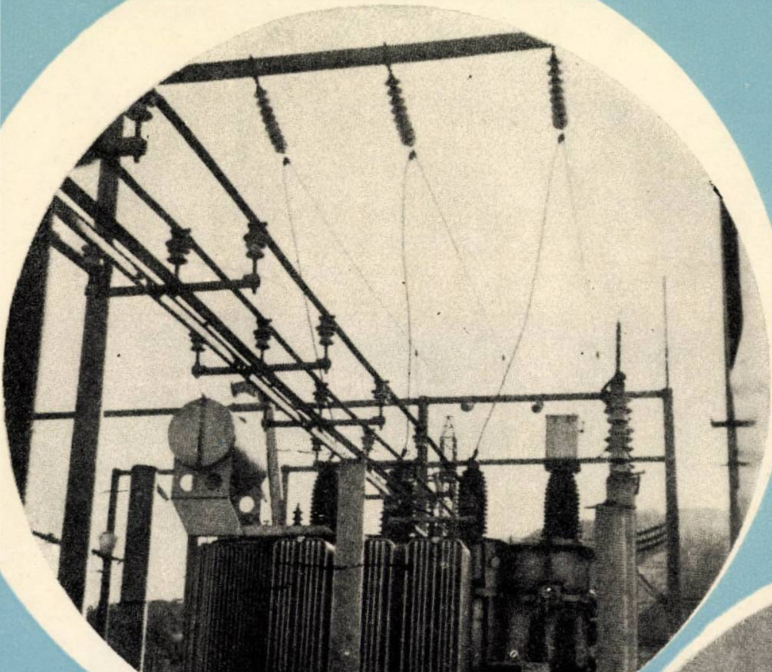


EXECUTĂ:

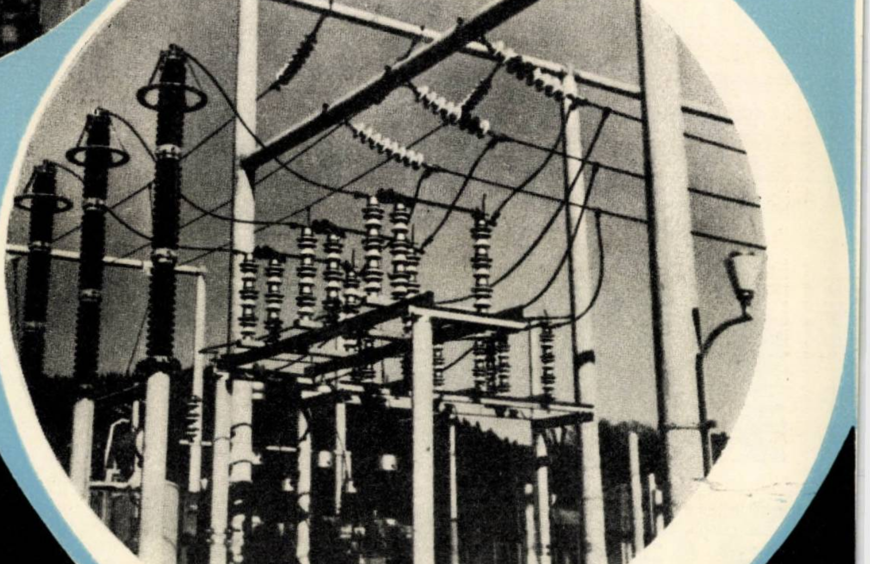
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuție
- Rețele electrice în cablu subteran pînă la 110 kV
- Stații de distribuție și posturi de transformare
- Stații de transformare de 35-400 kV
- Rețele de iluminat public
- Electrificări rurale

București, Str. Candiano Popescu Nr. 1 — tel. 23.88.30





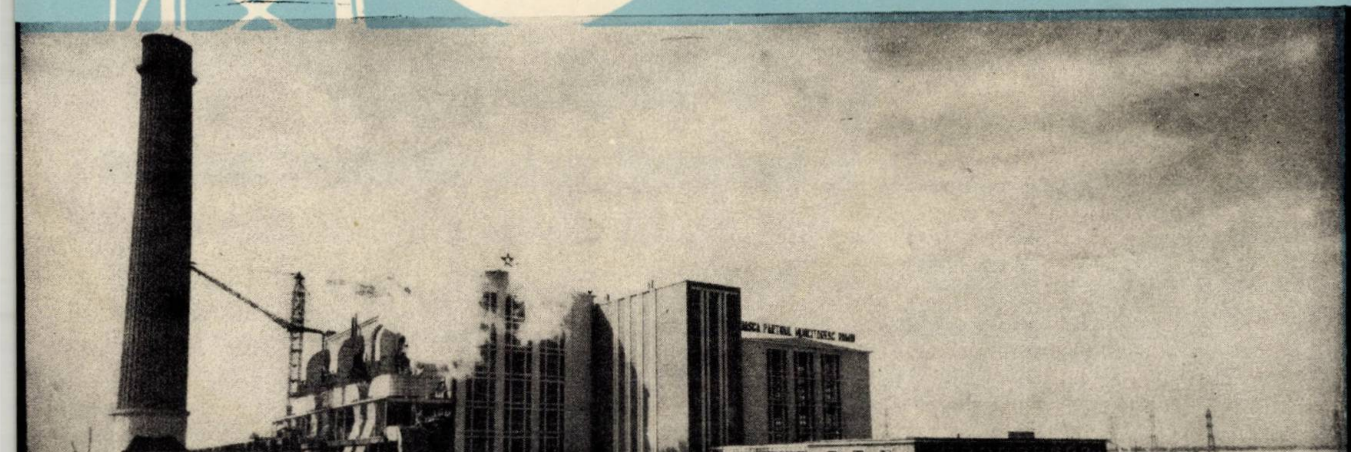
- produce, transportă și distribuie energie electrică la toate categoriile de consumatori.
- proiectează și construiește rețele de distribuție cu tensiunea pînă la 110 kV inclusiv.
- execută verificări pentru echipament electroenergetic, aparataj electric și instalații de protecție prin relee și automatizări.



IRE

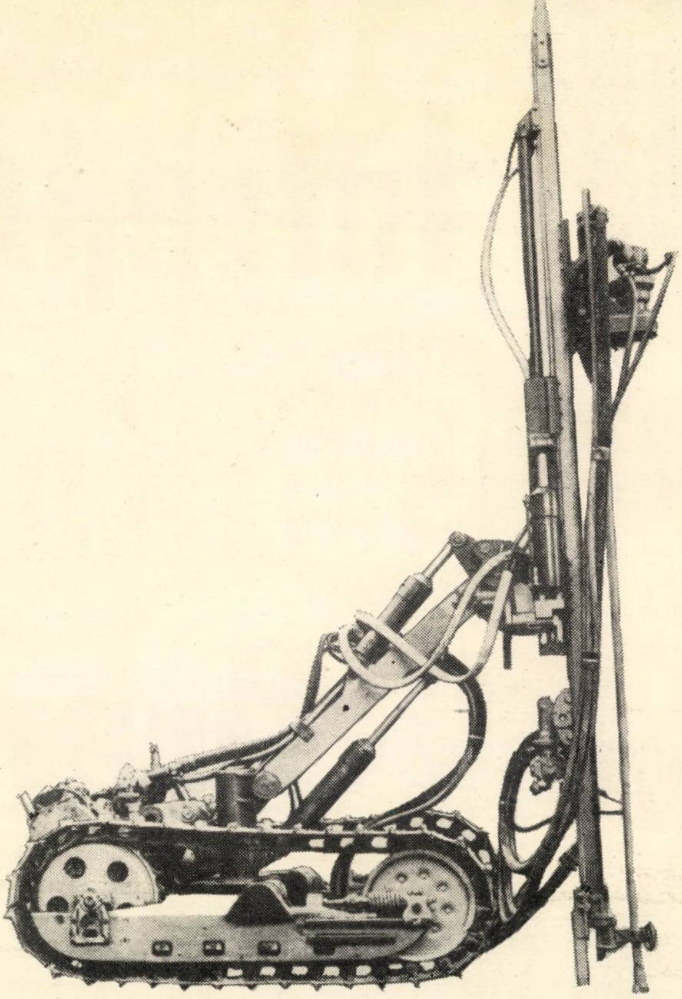
SUCEAVA

Intreprinderea Electrocentrale Brazi



- produce şi furnizează sistemului energetic naţional energie electrică
- asigură cu energie electrică şi căldură consumatorii din oraşul şi zona industrială Ploieşti.

ROC 600 îmbină o capacitate înaltă de forare cu o mobilitate extraordinară



ROC 600 este o instalație de foraj autopropulsată pe șenile.

ROC 600 este prevăzută cu un perforator cu rotație reversibilă automată pentru forat în stîncă și cu un suport automat pentru orientarea burghiului.

ROC 600 este proiectat și pentru foraj în cariere în poziție orizontală, înclinată sau verticală, pentru deschideri de mine și pentru lucrări speciale, unde se cere un volum mare de rocă excavată.

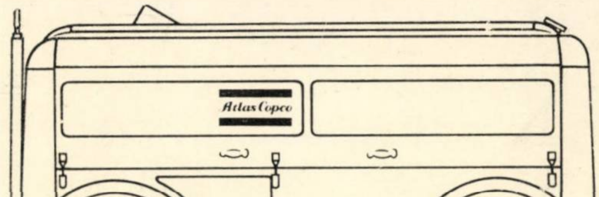
ATLAS COPCO produce, de asemenea, echipament mobil pentru forat în condiții grele, perforatoare de rocă, foreze din oțeluri speciale etc.

ATLAS COPCO produce o gamă largă de compresoare mobile. Desenul alăturat reprezintă compresorul elicoidal PR — 600, sursă ideală de putere pentru instalația de foraj ROC 600.

Cereți informații folosind cuponul alăturat, încercuind pătratul corespunzător utilajului care vă interesează precum și pătratul corespunzător limbii în care doriți să primiți informațiile necesare. De asemenea, completați adresa și denumirea întreprinderii și expediați cuponul către :

ATLAS COPCO — AB — Stockholm 1 — SUEDIA

Atlas Copco



☐ lb. engleză ☐ lb. franceză ☐ lb. germană

☐ Trimiteți informații complete pentru ROC 600

☐ Trimiteți informații complete pentru compresorul mobil

Denumirea întreprinderii ________________

Adresa întreprinderii ________________

5/68

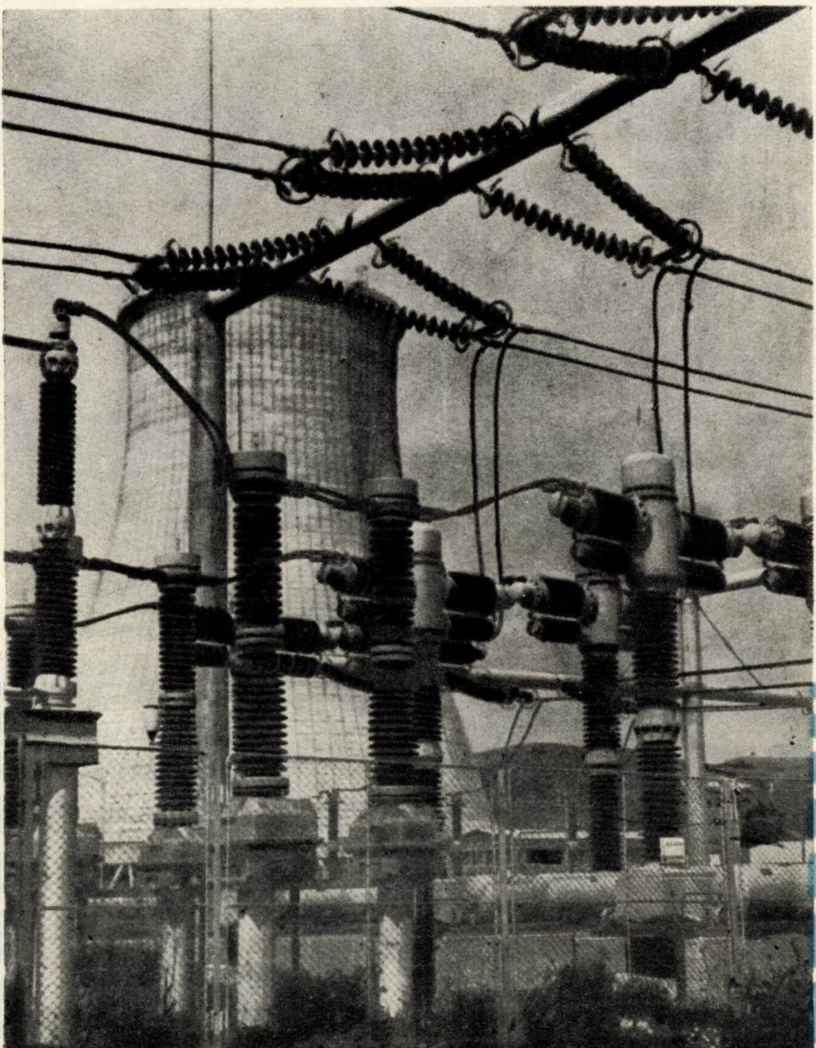
INTREPRINDEREA CENTRALA TERMOELECTRICĂ

Steaua roșie

- FÎNTÎNELE -

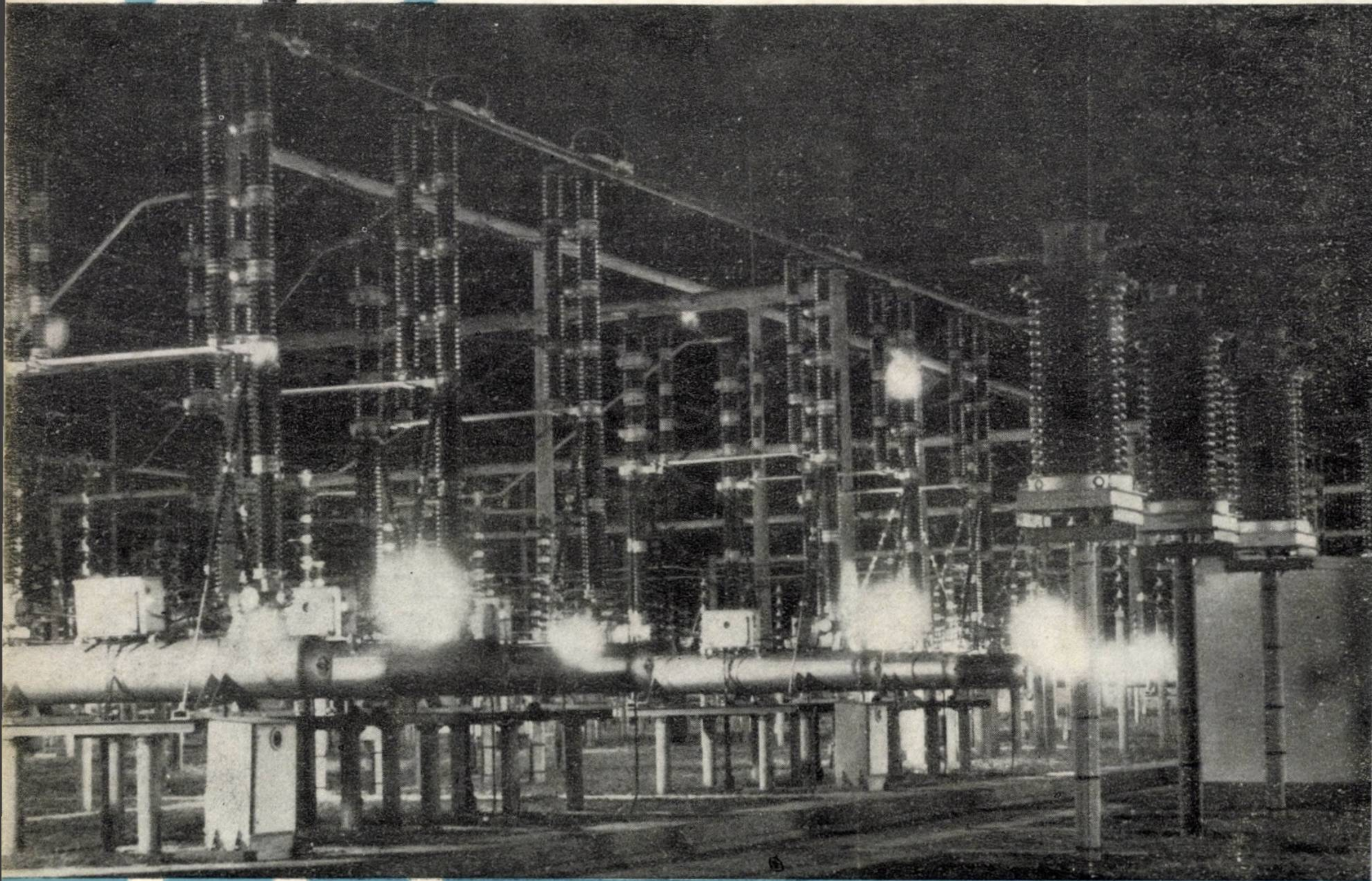
produce și furnizează sistemului energetic național energie electrică.

ICT „Steaua Roșie" este înzestrată cu instalații și utilaje la nivelul tehnicii mondiale, avansate, producînd și furnizînd energie electrică în condiții tehnice superioare.



1968 OKT 1

IRE PLOIEȘTI



Transportă şi distribuie energie electrică prin reţele de înaltă, medie şi joasă tensiune, asigurînd alimentarea cu energie electrică a consumatorilor din regiune.

Proiectează şi execută:

- posturi şi staţii de transformare
- linii electrice aeriene şi subterane de transport şi distribuţie
- racorduri şi branşamente de înaltă şi joasă tensiune
- instalaţii electrice interioare şi de iluminat exterior.

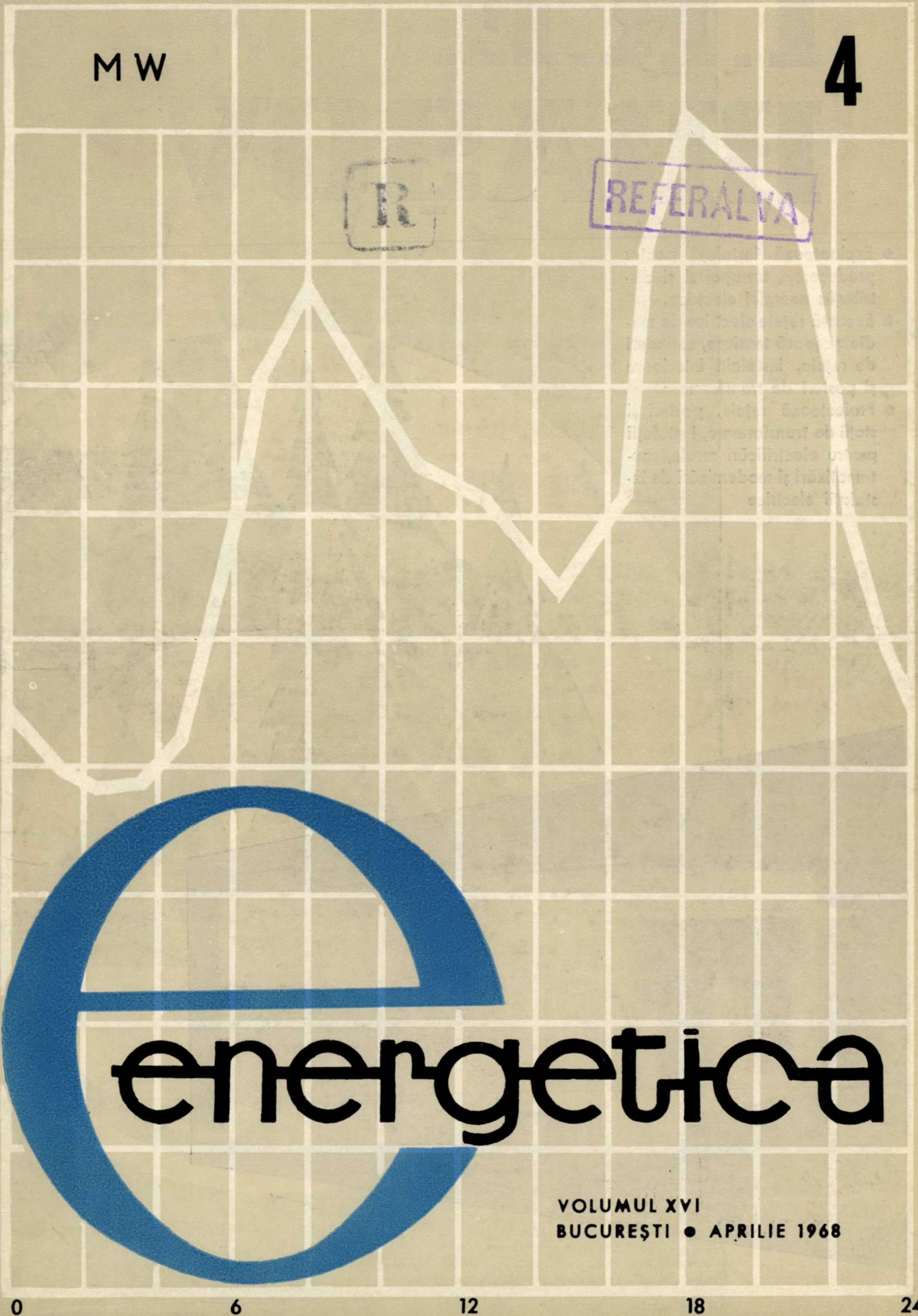
Cu sediul în CÎMPINA, str. Culturii nr. 33 ● Telefon: 2150-2151

E 2039

R

REFERÁLVA

4



energetica

VOLUMUL XVI
BUCUREŞTI • APRILIE 1968

I.R.E. BRAȘOV

- Exploatează instalații pentru producerea, transportul și distribuția energiei electrice.
- Execută rețele electrice de medie și joasă tensiune, extinderi de rețele, instalaiți interioare și posturi de transformare.
- Proiectează rețele, posturi și stații de transformare, instalații pentru electrificări rurale, automatizări și modernizări de instalații electrice

Stație de transformare în Predeal

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL
AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 16 nr. 4 APRILIE

Cuprinsul

Golici, D. **Determinarea randamentului intern și a consumului specific de căldură la turbine cu condensație și două prize reglabile** 145–151

Panaitescu, G. și Grăniceanu, M. **Realizări și perspective privind îmbunătățirea factorului de putere la consumatori și în sistemul electroenergetic** 151–155

Haiduc, C. **Analiza eficacității termice a centralelor nuclearoelectrice cu reactoare fierbătoare moderate cu apă grea** 155–163

Ionescu, S., Ungureanu, B., Nica, A., Seliski A. și Gheorghe, O. **Studiul comportării sistemului de reglare a tensiunii la un hidrogenerator** 163–167

Buga, I. **Principii noi de realizare a protecției selective contra punerii la pămînt în rețelele de medie tensiune** 167–171

Crețu, D., Marini, G. și Trițescu, Al. **Implicațiile tracțiunii electrice Brașov — Cimpina în sistemul electroenergetic** 172–182

ORGANIZAREA ȘTIINȚIFICĂ A PRODUCȚIEI ÎN SECTORUL ENERGETIC

Drăgușanu, R. **Studiu asupra posibilităților de utilizare a calculatoarelor electronice cifrice în tratarea și depozitarea informației privind normele de muncă** 182–187

TRATAREA APEI ÎN CENTRALELE TERMOELECTRICE

Kraus, H. **Tehnologia tratării condensatului de turbină la grupurile de 300 MW de la CET Craiova** 188–189

ENERGETICA PESTE HOTARE

Cartianu, P. **Organizarea economiei electroenergetice în Franța, Anglia și Italia** 190–192

Semedrea M. **Unele aspecte privind automatizarea centralelor termoelectrice din R.P. Polonă** 192–194

CRONICĂ

RECENZII

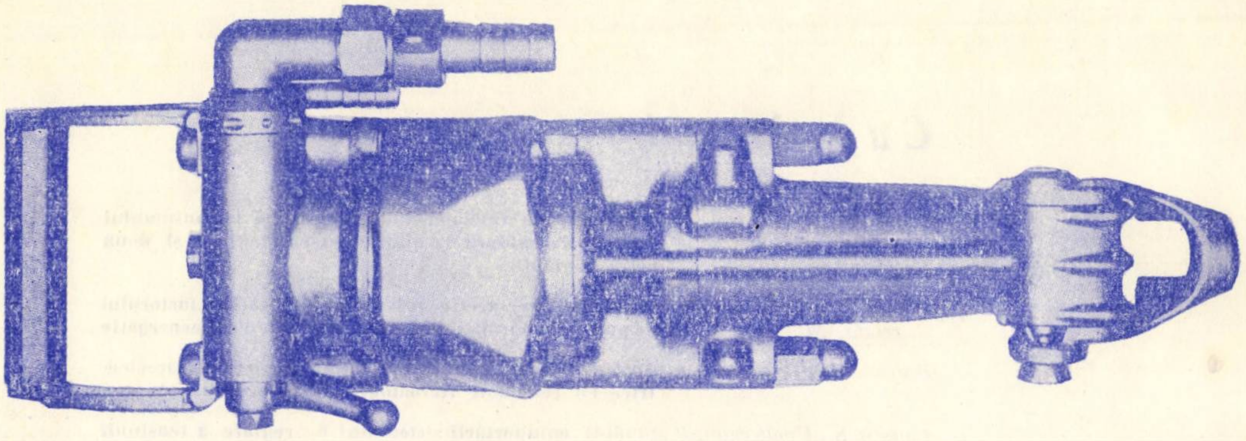
INFORMAȚII TEHNICE

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing. I. D. STANCESCU, redactor responsabil, ing. G. IORGULESCU redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, ing. ST. BERENGHI, conf. ing. A. COGALNICEANU conf. ing. E. CONSTANTINESCU, ing. P. DIMO, membru corespondent al Academici Republicii Socialiste România, laureat al Premiului de Stat, ing. H. FURTUNESCU, ing. L. LUCA, ing. B. MARCU, ing. A. MĂCRIȘ, conf. ing. C. MIHAILEANU, conf. ing. V. NITU, ing. A. SPÎNU

OFICIUL DE DOCUMENTARE ȘI PUBLICAȚII TEHNICE
AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE

Cele mai puternice foreze raportate la greutate și dimensiune; cu 75% mai puțin zgomot!



Foreza de rocă „Panther" are cel mai ridicat randament din lume pentru greutatea sa (27 kg).

Foreza „Panther" este cea mai economică; are randament superior și costuri de întreținere foarte mici.

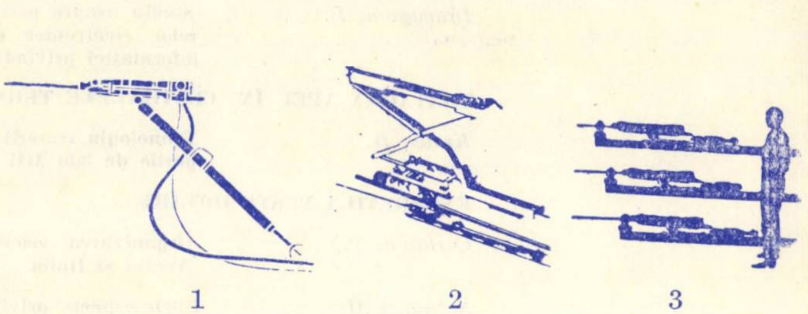
Foreza „Panther" este un utilaj silențios, producînd cu 75% mai puțin zgomot decît alte utilaje asemănătoare.

Foreza „Panther" este un mijloc de producție superior, care poate fi folosită în locuri de muncă diferite, atît în subteran cît și la suprafață. Schema din dreapta arată trei aplicații cu instalații ATLAS COPCO.

Vă rugăm solicitați bibliografie gratuită folosind cuponul alăturat. Completați acest cupon încercuind pătratul corespunzător limbii în care doriți informații, precum și pătratul corespunzător utilajului care vă interesează; notați cu litere de tipar denumirea și adresa întreprinderii dv. și expediați apoi cuponul pentru:

ATLAS COPCO AB,
Stockholm 1 — SUEDIA

Atlas Copco



☐ lb. germană ☐ lb. engleză ☐ lb. franceză

☐ trimiteți informații complete despre foreza „Panther"

☐ trimiteți informații complete despre oțelurile pentru foreză

☐ trimiteți informații complete despre ______________

☐ trimiteți informații complete despre ______________

Denumirea întreprinderii ______________

Adresa întreprinderii ______________

____

9/68

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.165.004.15

Голич, Д.: **Определение внутреннего к.п.д. и удельного расхода тепла турбин с конденсацией и с двумя регулирующими отборами**

Определяются различные понятия внутреннего к.п.д. и приводится косвенный метод для определения внутренего к.п.д. „по диаграмме". Приводится косвенный, а также непосредственный метод для определения удельного расхода тепла на производство электроэнергии.

Energetica 16 (1968), № 4, стр. 145–151

ДК 621.311.1.018.1

Панаитеску, Г. и *Грэничану, М.:* **Достижения и перспективы в связи с факторами мощности у потребителей и в электроэнергетической системе**

Излагаются отрицательные последствия перетока реактивной мощности, указывая законные методы для улучшения положения реактивного расхода крупных промышленных потребителей, изменение во време нейтрального фактора мощности, настаивается на необходимости компенсирующих мероприятий не только у потребителей, но и в сетях системы.

Energetica 16 (1968), № 4, стр. 151–155

ДК 621.311.25 :621.039.576

Хайдук, К.: **Исследование тёпловой эффективности ядерных электростанций с умеренно кипящими реакторами на тяжелой воде**

Производится математический расчёт теплового цикла ядерных электростанций различного типа в виду определения оптимального к.п.д. и следовательно оптимальных циклов.

Energetica 16 (1968) №, 4, стр. 1 5–163

ДК 621.313.322.82 :621.316.722

Ионеску, С., Унгуряну, Б., Ника, А., Селиски, А. и *Георге, О.* **Экспериментальное исследование поведения регулирующей напряжение системы гидрогенератора**

Исследование, путём опытов, поведения возбуждающей и регулирующей напряжение системы, которой борудованы гидрогенераторы 55 Мвт на ГЭС Арджеш, о определенных переходных режимах её работы.

Energetica 16, (1968), № 4, стр. 163–167

ДК 621.315.1.027.4 :621.316.925

Буга, И.: **Новейшие осуществления селективной защиты против заземления в сетях среднего напряжения**

Energetica 16 (1968), № 4, стр. 167–171

ДК 621.311.1 :621.335(498)

Крецу, Д., Марини, Г. и *Трицеску, Ал.:* **Влияние электротяги Брашов-Кымпина на электроэнергетическую систему**

Energetica 16 (1968). № 4, стр. 172–182

ДК 338.062.41 :681,32

Дрэгушану, Р.: **Исследования в связи возможностью применения электронных вычислительных машин при разработке и хранении информаций в связи с рабочей нормой**

Energetica 16 (1968), №. 4, стр. 182–187

ДК 621.187.15

Краус, Х.: **Технология обработки тувбинного конденсата в агрегатах 300 Мвт на ТЭЦ-Крайова**

Energetica 16 (1968) №. 4, стр. 188–198

ДК 338.062.219.3(44)(42)(430.1)

Картиану, П.: **Организация электроэнергетического хозяйства во Франции, Англии и Италии.**

Energetica 16 (1968), № 4, стр. 190–192

ДК 621.311.22–52(438)

Семедря, М.: **Аспекты автоматизации тепловых электростанций в Польской Народной Республике**

Energetica 16 (1968), №. 4, стр. 192–194

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.165.004.15

Golici, D. : **Ermittlung des inneren Wirkungsgrads und des spezifischen Wärmeverbrauchs von Kondensationsturbinen mit zwei Dampfentnahmeventilen**

Es werden verschiedene Möglichkeiten erörtert, den inneren Wirkungsgrad von in Dampfturbinen ablaufenden Vorgängen zu bestimmen und ein Verfahren dargestellt, den inneren „Schaubild" Wirkungsgrad mittelbar zu berechnen. Für Ermittlung des spezifischen Wärmeverbrauchs bei Erzeugung von elektrischer Energie werden direkte und indirekte Verfahren angegeben.

Energetica 16 (1968), H. 4, S. 145–151

DK 621.311.1.018.1

Panaitescu, G. und *Grăniceanu, M.* : **Bisherige Erfolge und Zukunftsaussichten der Verbesserung des Leistungsfaktors bei Verbrauchern und im Landesverbundnetz**

Unter Hinweis auf die negativen Folgen des Blindleistungsumlaufs werden die zur Verfügung stehenden Anreizmittel zur Verbesserung des Leistungsfaktors bei grossen Industrieverbrauchern, zeitliche Schwankungen der Blindleistung, bisherige Erfolge und das Erfordernis einer weiteren Fortsetzung der Bestrebungen zur Verbesserung des Leistungsfaktors erörtert. Es wird dabei nachgewiesen, dass die erförderlichen Massnahmen nicht nur bei den Verbrauchern, sondern auch im Landesverbundnetz getroffen werden müssen.

Energetica 16 (1968), H. 4, S. 151–155

DK 621.311.25 :621.039.576

Haiduc, C. : **Untersuchung des thermischen Wirkungsgrads von Kernkraftwerken mit durch Schwerwasser moderierten Siedewasserreaktoren**

Es wird eine mathematische Analyse des Wärmeschaubilds verschiedener Kernkraftwerkstypen, zwecks Ermittlung des optimalen Wirkungsgrads erörtert.

Energetica 16 (1968), H. 4, S. 155–163

DK 621.313.322.82 : 621.316.722

Ionescu, S., Ungureanu, B., Nica, A., Seliski, A. und *Gheorghe, O.* : **Untersuchung über das Verhalten des Spannungsregelungssystems eines Wasserkraftgenerators**

Versuchsweise Untersuchung des Verhaltens des Erreger- und Spannungsreglersystems, mit dem die 55-MW-Generatoren des Wasserkraftwerks Argeş ausgerüstet sind, bei verschiedenen transitorischen Betriebsbedingungen.

Energetica 16 (1968). H. 4. S. 163–167

DK 621.315.1.027.4 :621.316.925

Buga, I.: **Grundsätze des selektiven Erdungsschutzes in Mittelspannungsnetzen**

Energetica 16 (1968), H. 4, S. 167–171

DK 621.311.1 : 621.335(498)

Creţu, D., Marini, G. und *Triţescu, Al.* : **Einfluss der elektrischen Zugbeförderung Braşov-Cîmpina auf das Landesverbundnetz**

Energetica 16 (1968), H. 4, S. 172–182

DK 338.062.41 :681.32

Drăguşanu, R. : **Untersuchung der Anwendungsmöglichkeit digitaler elektronischer Rechner für Bearbeitung und Aufbewahrung von Informationen über Arbeitsnormen**

Energetica 16 (1968) H 4, S. 182–187

DK 621.187.15

Kraus, H.: **Verfahren der Aufbereitung des Turbinenkondensats bei 300 MW Turbosätzen im Fernheizkraftwerk Craiova**

Energetica 16 (1968), H. 4, S. 188–189

DK 338.062.219.3(44)(42)(430.01)

Cartianu, P. : **Organiesierung der Elektrizitätswirtschaft in Frankreich, England und Italien**

Energetica 16 (1968), H 4, S 190–192

DK 621.311.22–52(438)

Semedrea, M. : **Einige Betrachtungen über die Automatisierung von Kraftwerken in Polen**

Energetica 16 (1968), H. 4, S. 192–194

SOMMAIRE

CD 621.165.004.15

Golici, D. **Détermination du rendement intérieur et de la consommation spécifique de chaleur des turbines avec condensation et deux prises réglables**

L'auteur définit les différentes notions de rendement intérieur des procès dans une turbine à vapeur et présente une méthode indirecte pour déterminer ce rendement ,,de diagrame". Il donne aussi une méthode directe et indirecte pour établir la consommation spécifique de chaleur pour la production d'énergie électrique.

Energetica 16 (1968), no. 4, p. 145–151

CD 621.311.1.018.1

Panaitescu, G. et *Grăniceanu, M.* : **Amélioration du facteur de puissance chez les consommateurs et dans le réseau ; réalisations et perspectives**

En considérant les conséquences négatives de la circulation de puissance réactive, on montre les méthodes légales employées pour stimuler l'amélioration de la situation de la consommation de courant réactif chez les grands consommateurs industriels, la variation du facteur de puissance dans le temps, les résultats obtenus, la nécessité de continuer dans cette voie et on souligne l'obligativité d'appliquer des mesures de compensation dans les réseaux non seulement chez les consommateurs.

Energetica 16 (1968), no. 4, p. 151–155

CD 621.311.25 :621.039.576

Haiduc, C. : **Analyse du rendement thermique des centrales nucléaires avec réacteurs à eau bouillante modérés à l'eau lourde**

Analyse mathématique du cycle thermique de différents types de centrales nucléaires pour établir le rendement optimum, par conséquent les cycles les plus indiqués.

Energetica 16 (1968), no. 4, p. 155–163

CD 621.313.322.82 :621.316.722

Ionescu, S., Ungureanu, B., Nica, A., Seliski, A. et *Gheorghe, O.* : **L'étude du comportement du système de contrôle de la tension d'un hydro-alternateur**

Etude expérimentale du comportement du système d'excitation et de réglage de la tension équipant les hydro-alternateurs à 55 MW de l'usine hydroélectrique Argeş, en cas de certains régimes transitoires.

Energetica 16 (1968), no. 4, p. 163–167

CD 621.315.1.027.4 :621.316.925

Buga, I. : **Nouveaux principes pour réaliser la protection sélective contre mise à la terre accidentelle dans les réseaux de moyenne tension**

Energetica 16 (1968) no. 4, p. 167–171

CD 621.311.1 : 621.335(498)

Creţu, D., Marini, G. et *Triţescu, Al.* : **L'influence de la traction électrique de la voie ferrée Braşov-Cîmpina sur le réseau**

Energetica 16 (1968) no. 4, p. 172–182

CD 338.062.41 :681.22

Drăguşanu, R. : **Etude des possibilités d'utilisation de calculateurs électroniques digitaux pour le traitement et le stockage d'informations sur les normes de travail**

Energetica 16 (1968), no. 4, p. 182–187

CD 621.187.15

Kraus, H.: **La technologie du traitement du condensé de turbine pour les groupes de 300 MW de la centrale thermique de Craiova**

Energetica 16 (1968), no. 4, p. 188–189

CD 338.062.219.3 (44) (42) (430.1)

Cartianu, P. : **L'organisation de l'économie électro-énergetique en France, Angleterre et Italie**

Energetica 16 (1968), no. 4, p. 190–192

CD 621.311.22–52(438)

Semedrea, M. : **Quelques aspects de l'automation des centrales thermiques de Pologne**

Energetica 16 (1968) no. 4, p. 192–194

CONTENTS

CD 621.165.004.15

Golici, D. : **How to establish the interior efficiency and the heat rate of condensing turbines with two controlled taps**

The author defines several notions concerning the interior efficiency of processes within the steam turbine and presents an indirect method to establish the interior "diagram" efficiency. Direct and indirect methods used to calculate the heat rate needed to produce electric power are also shown.

Energetica 16 (1968), nr. 4, p. 145–151

DC 621.311.1.018.1

Panaitescu, G. and *Grăniceanu, M.* : **Improvement of the power factor at the consumers' and in the system ; achievments and prospects**

The authors, referring to the negative consequences of reactive power circulation, show legal methods for stimulating an improvement of the situation of reactive current consumption by large industrial consumers, the variation in time of the power factor, results obtained, the need to continue this stimulating activity and stress the fact that measures of compensation must be applied also in the networks not only to the consumers.

Energetica 16 (1968), no. 4, p. 151–155

CD 621.311.25 :621.039.576

Haiduc, C. : **Analysis of the thermal efficiency of nuclear power stations with heavy water moderated boiling water reactors**

Here is a mathematical analysis of the heat cycle of various types of nuclear power stations carried out for establishing optimal efficiency and thus the best cycles.

Energetica 16 (1968), nr. 4, p. 155–163

DC 621.313.322.82 :621.316.722

Ionescu, S., Ungureanu, B., Nica, A., Seliski, A. and *Gheorghe, O.* : **A study of the behaviour of the voltage control system of a hydrogenerator**

This article presents the experimental examination of the behaviour of the voltage control system on the 55 MW generators installed at Argeş hydroelectric power station, at certain transient operating conditions of the same.

Energetica 16 (1968), no. 4, p. 163–167

DC 621.315.1.027.4 :621.316.925

Buga, I. : **New principles to obtain selective protection against accidental earthing in medium voltage networks**

Energetica 16 (1968), no. 4 p. 167–171

DC 621.311.1 :621.335(498)

Creţu, D., Marini, G. and *Triţescu, Al.* : **Influence of the Braşov-Cîmpina electric railway track on the power system**

Energetica 16 (1968), no. 4, p. 172–182

DC 338.062.41 : 681.22

Drăguşanu, R. : **A study on the utilization of digital computers for processing and storing information on labor norms**

Energetica 16 (1968), no. 4, p. 182–187

DC 621.187.15

Kraus. H.: **The technology of turbine condensate treatment for the 300 MW units at Craiova power station**

Energetica 16 (1968), no. 4, p. 188–189

DC 328.062.219.3 (44) (42) (430.1)

Cartianu, P. : **Organization of the power economy in France, Italy and the United Kingdom**

Energetica, 16 (1968), nr. 4, p. 190–192

DC 621.311.22–52(438)

Semedrea, M. : **Some aspects concerning the automation of thermal power stations in Poland**

Energetica 16 (1968), no. 4, p. 192–194

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL
AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 16 Nr. 4 APRILIE

Determinarea randamentului intern și a consumului specific de căldură la turbine cu condensație și două prize reglabile

Ing. D. Golici *)

I. Determinarea randamentului intern

1. *Generalități*

În general randamentul intern al unei trepte sau al unui grup de trepte al unei turbine cu abur se definește prin raportul dintre căderea utilă și căderea disponibilă (adiabatică) de entalpie — h_u/h_0.

Randamentul intern se mai poate scrie sub forma :

$$\eta_i = \frac{860\ P_i}{D \cdot h_0},$$

unde

P_i — este puterea internă dezvoltată de treaptă sau grupul de trepte;

D — debitul de abur ce străbate treapta sau grupul de trepte.

Astfel, pentru o turbină cu pură condensație, randamentul intern se poate scrie :

$$\eta_{i\ pură\ cond.} = \frac{860\ P_i}{D_1 \cdot H_0'} = \frac{H_u}{H_0'}, \tag{1}$$

unde

$$P_i = \frac{P_e}{\eta_m\ \eta_g};$$

P_e este puterea electrică la bornele generatorului, kW;

η_m, η_g — randamentul mecanic, respectiv al generatorului;

D_1 — debitul de abur ce intră în paletajul turbinei, kg/h;

H_u — căderea utilă de entalpie pe întreaga turbină, kcal/kg;

H_0' — căderea adiabatică de entalpie pe întreaga turbină, kcal/kg (fig.1).

Pentru o turbină cu prize de abur, randamentul intern se scrie sub forma generală :

$$\eta_i = \frac{860\ P_i}{\Sigma\ D \cdot h_0}, \tag{2}$$

unde

$\Sigma D \cdot h_0$ este suma produsurilor dintre debit și căderea adiabatică a tronsoanelor formate de prize și străbătute de un anumit debit de abur D.

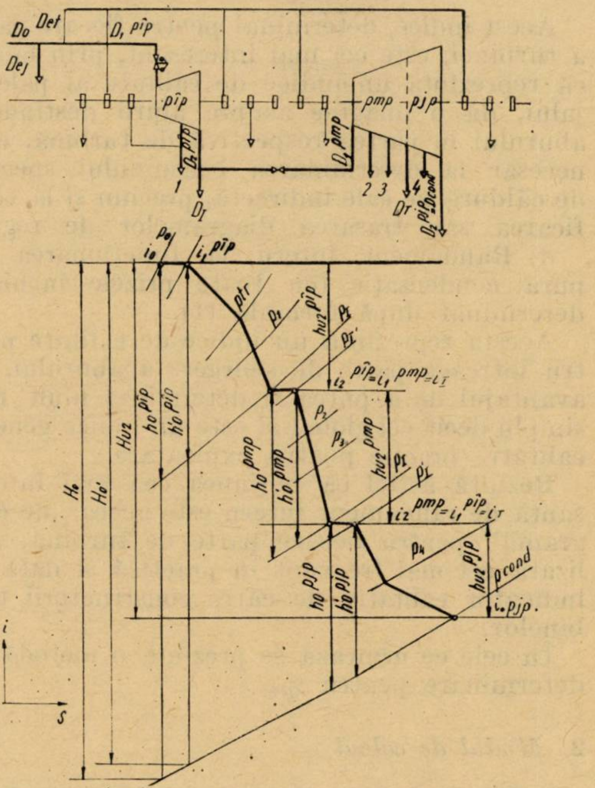

Do
Det
D, pîp
Dej
pîp
pmp
pjp
D2 pîp
D2 pmp
1
DI
2 3
4
Dr
D2 pjp = Dcond
po
io
i, pîp
ptr
p1
pI
pI'
hu2 pîp
i2 pîp = i1 pmp = iI
ho pîp
h'o pîp
Huz
Ho
Ho'
p2
p3
ho pmp
h'o pmp
hu2 pmp
pI
pI'
i2 pmp = i1 pjp = iI
p4
ho pjp
h'o pjp
hu2 pjp
pcond
i. pjp.
i
s

Fig. 1. Reprezentarea generală în diagrama $i - s$ a destinderii aburului într-o turbină cu condensație și două prize reglabile.

---

*) Dan Golici este șef sector cicluri termoenergetice la ICENERG.

O turbină cu condensaţie cu două prize reglabile este compusă din trei părţi : înaltă, medie şi joasă presiune, delimitată de capetele turbinei şi de prizele reglabile. Aceste părţi nu trebuie să corespundă şi cu numărul de corpuri, de exemplu părţile de medie şi joasă presiune pot fi conţinute într-un singur corp.

Destinderea aburului în turbină este redată în figura 1.

Pentru asemenea turbine se definesc în literatura tehnică mai multe noţiuni de randament intern :

a) Randament intern global

$$\eta_i = \frac{860\, P_i}{\Sigma\, D \cdot h_0}, \tag{3}$$

care reprezintă un indice de calitate pentru întreaga parte de scurgere a aburului (de la supapa de închidere pînă la buraj).

b) Randament intern global al unei părţi : înaltă, medie sau joasă presiune :

$$\eta_i^{\text{îp}, mp, jp} = \frac{860\ P_i^{\text{îp}, mp, jp}}{(\Sigma D \cdot h_0)^{\text{îp}, mp, jp}}. \tag{4}$$

c) Randament intern ,,de diagramă'' a aburului ,,străbătut'' de la starea iniţială la cea finală a turbinei sau părţii respective :

$$\eta_{i2} = \frac{h_u}{h_0'}. \tag{5}$$

Acest indice, determinat pentru fiecare parte a turbinei, este cel mai interesant, prin faptul că reprezintă un indice de calitate al paletajului, dă o imagine asupra alurii destinderii aburului în partea respectivă de turbină, este necesar la determinarea consumului specific de căldură pe cale indirectă, precum şi la verificarea sau trasarea diagramelor de regim.

d) Randament intern la funcţionarea în pură condensaţie (cu toate prizele închise), determinat după formula (1).

Acesta reprezintă un indice de calitate pentru întreaga parte de scurgere a aburului, cu avantajul de a putea fi determinat mult mai simplu decît cel global şi este un indice general calitativ practic pentru exploatare.

Rezultă astfel că noţiunea cea mai interesantă de randament intern este aceea ,,de diagramă'' pentru fiecare parte de turbină, utilizată cel mai frecvent în practică şi dată ca indicator calitativ de către constructorii turbinelor.

În cele ce urmează se prezintă o metodă de determinare pentru η_{i2}.

2. *Modul de calcul*

a) Randamentul intern al părţilor de turbină aflate deasupra curbei de saturaţie (partea de înaltă presiune şi uneori cea de medie presiune) se determină direct din diagrama $i - s$, prin măsurarea parametrilor de capăt (presiune şi temperatură).

b) Pentru cazurile cînd destinderea părţii de medie presiune se determină sub curba de saturaţie, se poate considera cu suficientă aproximaţie (dată fiind porţiunea mică de sub curbă în raport cu întreaga cădere de entalpie pe partea de medie presiune) că randamentul intern al părţii de sub curba de saturaţie scade cu 1% pentru fiecare procent mediu de umiditate [1],[2],[3].

Dacă notăm cu $\eta_{i.s.i.}^{mp}$ randamentul intern ,,de diagramă'' al părţii *mp* de deasupra curbei de saturaţie şi cu x umiditatea, atunci randamentul porţiunii din *mp* de sub curba de saturaţie va fi

$$\eta_{i.sat}^{mp} = \eta_{i.s.i.}^{mp}\left(1 - \frac{1-x}{2}\right). \tag{6}$$

Pentru precizii mărite se recalculează relaţia (6) cu noua valoare a lui x obţinută prin $\eta_{i.sat}^{mp}$.

c) Randamentul intern al părţii de joasă presiune se determină pe cale indirectă prin intermediul puterilor interne P_i.

Partea de joasă presiune are în general o singură priză nereglabilă, a cărei entalpie se poate determina orientativ, luînd în consideraţie scăderea randamentului intern cu umiditatea, ca la punctul b.

Prin măsurări se determină puterea internă pe turbină şi toţi parametrii necesari calculului ciclului termic.

Din calculul ciclului termic se determină fluxurile de abur în turbină şi pe prize.

Se calculează apoi puterea internă a părţii de înaltă presiune, medie presiune şi cea produsă de ultima priză în corpul de joasă presiune.

Suma acestor puteri, scăzută din puterea pe întreaga turbină, determină puterea fluxului de abur spre condensator în partea de joasă presiune. Prin transformarea acesteia se află căderea utilă a fluxului spre condensator şi astfel punctul final al destinderii aburului. Astfel [1] :

$$P_i^{jp} = P_i - \Sigma P', \tag{7}$$

unde :

$\Sigma P'$ este suma puterilor interne dezvoltate de partea de înaltă şi medie presiune :

$$\Sigma P' = P_i^{\text{îp}} + P_i^{mp}.$$

Puterea dezvoltată de fluxul de abur spre condensator în partea de joasă presiune va fi :

$$P_2^{jp} = P_i^{jp} - \left(\frac{\Sigma D \cdot h_u^{prize}}{860}\right)^{jp}, \tag{8}$$

unde $\left(\frac{\Sigma D \cdot h_u^{prize}}{860}\right)^{jp}$ reprezintă puterea produsă de prize în partea de joasă presiune.

Căderea utilă de entalpie a debitului de abur spre condensator (D_2^{jp}) în partea de joasă presiune se poate scrie:

$$h_{u2}^{jp} = \frac{860 \cdot P_2^{jp}}{D_2^{jp}}, \tag{9}$$

de unde entalpia punctului de ieşire a aburului din turbină (din jp) va fi:

$$i_2^{jp} = i_1^{jp} = h_{u2}^{jp} \tag{10}$$

şi randamentul intern „de diagramă'' al jp:

$$\eta_{i2}^{jp} = \frac{h_{u2}^{jp}}{h_0'}. \tag{11}$$

d) Pentru calcule mai precise, entalpia admisă a ultimei prize (i_n) poate fi verificată cu relaţia [3]

$$\eta_{in} = i_2^{jp} + \frac{H_{0n}'}{\beta} \cdot \eta_i . 0{,}93, \tag{12}$$

unde:

$$\eta_i = \frac{\eta_{i2}}{\eta_{lam}^{ip} \cdot \eta_{lam}^{mp}\, \eta_{lam}^{jp}}, \tag{13}$$

iar $\eta_{lam}^{p..} = \frac{h_0'^{p..}}{h_0^{p..}}$ este randamentul de laminare al părţii respective; (14)

$$\eta_{i2} = \frac{H_u}{H_0} \text{ (fig. 1)};$$

H_{0n}' se ia din figura 2;

$\beta = f(\eta_i)$ se ia din tabelul de mai jos:

η_i	0,83	0,80	0,78	0,75	0,72
β	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09

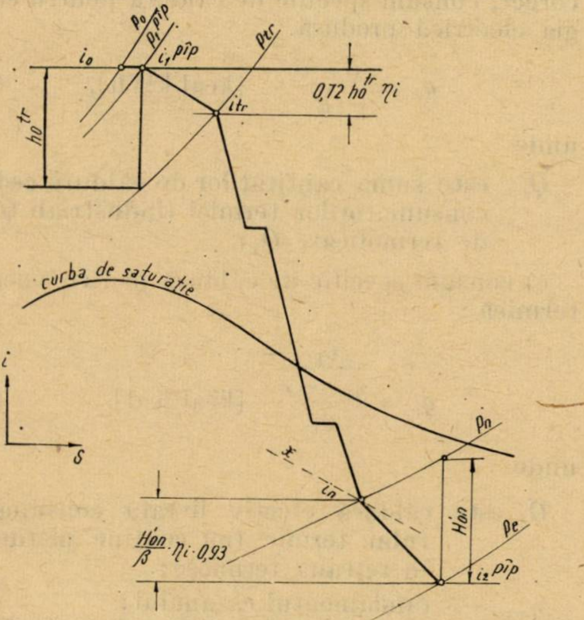


Fig. 2. Figură ajutătoare pentru determinarea entalpiei aburului la treapta de reglaj şi la ultima priză de abur.

e) Pentru o trasare mai corectă a destinderii aburului, în diagrama $i - s$ se poate aproxima entalpia aburului după treapta de reglaj cu relaţia [3]

$$\eta_{i_{tr}} = i_1^{ip} - h_0^{tr} \cdot 0{,}72 \cdot \eta_i \text{ (fig. 2)}, \tag{15}$$

unde η_i are semnificaţia de la punctul d.

f) Randamentul mecanic şi randamentul generatorului poate fi adoptat cu valoarea nominală indicată de constructor. În lipsa acestor date se pot utiliza următoarele relaţii [3], [4]:

Randamentul mecanic la sarcina nominală:

$$\eta_{nm} = 0{,}992 - \frac{a}{P(\mathrm{MW})}, \tag{16}$$

unde

$a = 0{,}002$ pentru turbine vechi $P < 25 \div 50$ MW;
$a = 0{,}005$ pentru turbine noi $P > 50$ MW.

La sarcina P_x, randamentul mecanic este:

$$\eta_{xm} = 1 - (1 - \eta_{nm})\frac{P}{P_x}. \tag{17}$$

Randamentul generatorului la sarcina nominală:

$$\eta_{ng} = 0{,}904 + 0{,}074 \sqrt[3]{\frac{\log P\,(\mathrm{MW})}{2}}. \tag{18}$$

La sarcina P_x, randamentul generatorului este:

$$\eta_{xg} = \eta_{ng}\left(1{,}03 - \frac{0{,}03}{\varnothing}\right), \tag{19}$$

$$\text{unde } \varnothing = \frac{P_x}{P}.$$

g) La calculul ciclului termic, pentru determinarea fluxurilor de abur în turbină şi pe prize, trebuie luate în consideraţie următoarele:

— Consumul de abur al ejectorului.

Dacă nu se cunoaşte valoarea nominală, consumul ejectorului se calculează cu relaţia:

$$D_{ej} = 0{,}573 \cdot d^2 \cdot \sqrt{p \cdot \gamma} \text{ [kg/h]}, \tag{20}$$

unde:
d — este diametrul minim al ajutajului, mm;
p — presiunea aburului înaintea ajutajului, at;
γ — greutatea specifică a aburului înaintea ajutajului, kgf/m^3.

— Debitul de abur al etanşărilor de capăt şi recuperarea sa în ciclul termic. Cînd nu se cunosc valorile nominale, acesta se poate calcula după metoda simplificată, conform W. Traupel [6].

— Debitul de purjare continuă din timpul probelor, determinat din datele de exploatare sau calculat cu ajutorul diametrului ajutajelor de purjare.

— Debitul de injecţie de apă pentru reglajul temperaturii aburului supraîncălzit, determinat prin măsurare sau calcul.

Se recomandă ca în timpul probelor acest debit să fie redus la minimum posibil.

— Pierderile de apă şi abur din circuitul termic al CET, stabilit după valorile de exploatare din timpul probelor.

Pierderile de fluid se localizează în proporţie de 40%, cu entalpia aburului viu, pe bara de abur viu, şi 60%, cu entalpia aburului saturat, în degazor.

— Creşterea entalpiei apei în pompa de alimentare.

Se poate admite un randament intern al compresiei de 0,7 — 0,75.

h) Se trasează apoi diagramele randamentului intern al părţilor *îp*, *mp*, *jp*, funcţie de debitele de abur la intrare în fiecare parte din turbină (D_1), $\eta_i = f(D_1)$.

i) Dacă abaterile valorilor măsurate ale parametrilor faţă de cele nominale sînt mari, respectiv conduc la o variaţie a căderii disponibile mai mari de 3—5%, randamentul intern se corectează pentru condiţii nominale cu ajutorul criteriului Melan [4].

Astfel, din valori calculate, se trasează $\eta_i = f\left(\frac{p_1 - p_2}{D_1\, h_u}\right)$ pentru fiecare parte de turbină la care este necesară corecţia; în general, vidul în condensator este parametrul care nu poate fi totdeauna realizat în condiţii nominale.

p_1 şi p_2 sînt presiunile aburului la intrare, respectiv la ieşire, din tronsonul de turbină considerat.

Calculînd criteriul $\frac{p_1 - p_2}{D_1 \cdot h_u}$ pentru valori nominale la diferite debite D_1, se determină din curbă valorile corectate ale randamentului intern.

II. Determinarea consumului specific de căldură

1. *Generalităţi*

Consumul specific de căldură al unei instalaţii de turbină cu abur se exprimă ca raport dintre cantitatea de căldură consumată (Q) şi energia produsă (E):

$$q = \frac{Q}{E} \quad [\text{kcal/kWh}].$$

Cantitatea de căldură consumată este diferenţa dintre căldura intrată în turbină cu aburul viu şi căldura apei de alimentare la intrare în cazan:

$$Q = D_0 \cdot i_0 - D_{al} \cdot i_{al}, \qquad (21)$$

unde:

D_0 este debitul de abur viu la intrarea în turbină, inclusiv debitul ejectorului de abur (cînd acesta există);

i_0 — entalpia aburului viu la intrare în turbină;

D_{al} — debitul apei de alimentare la ieşire din ultimul preîncălzitor, respectiv la intrare în cazan;

i_{al} — entalpia apei de alimentare la ieşire din ultimul preîncălzitor, respectiv la intrarea în cazan.

Se poate face aproximaţia, valabilă în mod special la grupuri funcţionînd în schemă-bloc cu cazan cu străbatere forţată:

$$D_0 \simeq D_{al}.$$

Astfel, consumul specific de căldură poate fi scris sub forma:

$$q = \frac{D_0 (i_0 - i_{al})}{E} = d\,(i_0 - i_{al}), \qquad (22)$$

unde:

d este consumul specific de abur (kg/kWh).

La grupuri cu condensaţie şi prize reglabile pentru termoficare apar trei noţiuni de consum specific de căldură:

a) Consum specific de căldură brut, care se defineşte ca mai sus şi are semnificaţiia consumului total de căldură (atît pentru energia electrică cît şi pentru energia termică), raportat la energia electrică.

b) Consum specific de căldură net sau, mai corect, consum specific de căldură pentru energia electrică produsă.

$$q_e = \frac{Q - Q_t}{E} \quad [\text{kcal/kWh}], \qquad (23)$$

unde

Q_t este suma cantităţilor de căldură cedate consumatorilor termici (industriali Q_I şi de termoficare Q_T).

c) consum specific de căldură pentru energie termică:

$$q_t = \frac{\dfrac{Q_1}{\eta_{caz} \cdot \eta_{cd}}}{Q_1} \quad [\text{kcal/jcal}], \qquad (24)$$

unde

Q_1 este căldură efectiv livrată consumatorului termic (nu conţine pierderile în reţeaua termică);

η_{caz} — randamentul cazanului;

η_{cd} — randamentul conductelor (inclusiv conducte de termoficare).

În practica de exploatare acest indice se exprimă în kg c.c. raportat la Gcal livrată consumatorului termic :

$$q_t = \frac{1}{7 \cdot \eta_{caz} \cdot \eta_{cd}} \quad [\text{kg c.c./Gcal}]. \qquad (25)$$

Consumul specific brut este un indicator tehnico-economic global pentru CET cu utilizare relativ restrînsă în practica centralelor. Consumul specific pentru energie electrică şi termică este indicatorul folosit în mod curent în exploatare.

Consumul specific pentru energie termică, după cum rezultă din relaţia de mai sus, se determină relativ simplu şi nu este un indicator al grupului turbogenerator.

Consumul specific de căldură pentru energia electrică (consum specific net) este cel mai important indicator tehnico-economic pentru turboagregate şi face parte din cifrele de garanţie date de constructori.

Consumul specific de căldură se poate determina pe două căi : metoda directă şi metoda indirectă.

Metoda directă constă în determinarea prin măsurări a căldurii consumate (a şi Q_t) şi a energiei produse E.

Metoda indirectă constă în determinarea analitică a consumului specific de căldură din calculul circuitului termic efectuat pe baza randamentului intern relativ ,,de diagramă'' şi a corelaţiilor presiune-debit, la prizele nereglabile, determinate prin măsurări.

Metoda directă este cea mai precisă şi se utilizează la probele de garanţie, cu condiţia funcţionării la parametri şi sarcini cît mai apropiate de cele de referinţă.

Metoda indirectă oferă posibilitatea calculării consumului specific pentru o gamă largă de situaţii şi parametri de funcţionare.

2. *Metoda directă de determinare a consumului specific de căldură*

Consumul specific de căldură pentru energia electrică se determină din relaţia :

$$q_e = \frac{D_0 \cdot i_0 - D_{al} \cdot i_{al} - (Q_I + Q_T)}{E} \quad [\text{kcal/kWh}], \qquad (26)$$

unde

$$Q_I = D_I \cdot i_I - D_{I\,ret.} \cdot i_{I\,ret.};$$

$$Q_T = D_T \cdot i_T - D_{T\,ret} \cdot i_{T\,ret}.$$

$D_{I\,ret}$, $D_{T\,ret}$ sînt debitele de condensat returnate de la consumatorii termici în ciclul centralei. $D_{T\,ret}$ este de obicei egal lui D_T, dat fiind că în general aceste prize sînt folosite în boilere de apă fierbinte sau caldă.

$i_{I\,ret}$, $i_{T\,ret}$ sînt entalpiile condensatului returnat în circuitul termic al centralei.

Astfel, pentru determinarea consumului specific de căldură pe cale directă trebuie măsurate toate mărimile ce conpun relaţia (26) :

D_0 — debitul de abur la intrare în turbină — se măsoară pe conducta de abur viu al turbinei, de preferinţă înaintea preluării debitului ejectorului de abur (D_{ej}, cînd este cazul). Cînd măsurarea se efectuează după acest punct, D_{ej} se calculează cu relaţia (20) şi se adaugă la valoarea măsurată ;

i_0 — entalpia aburului viu — se determină prin măsurarea temperaturii şi presiunii aburului la intrare în turbină ;

D_{al} — se măsoară pe conducta de ieşire a apei de alimentare din ultimul preîncălzitor. La precizie de determinare redusă sau pentru cazane cu străbatere forţată se poate considera $D_{al} \simeq D_0$;

i_{al} — se determină prin măsurarea temperaturii şi presiunii apei de alimentare la ieşire din ultimul preîncălzitor ;

D_I — debitul de abur pe priza de abur industrial — se măsoară direct pe conducta prizei ;

D_T — debitul de abur pe priza de termoficare — nu poate fi măsurat în general în mod direct, din cauza diametrelor prea mari ale conductelor de priză. De aceea se determină indirect din bilanţul termic al boilerelor de termoficare ;

$i_{I\,ret}$, $i_{T\,ret}$ — se determină prin măsurarea temperaturilor şi presiunilor respective ;

E — energia electrică produsă de generator — se măsoară direct la bornele generatorului sau la bornele transformatorului de ieşire, ţinînd seamă de randamentul acestuia.

Consumul specific de căldură, determinat cu aceste valori, caracterizează funcţionarea economică a turboagregatelor în condiţii de sarcini şi parametri măsuraţi.

Pentru recalcularea consumului specific în condiţiile parametrilor de referinţă (nominali), se folosesc curbele de corecţie date de constructorul agregatelor. În lipsa acestora se recurge la metoda indirectă.

Încercările trebuie efectuate cu parametri cît mai apropiaţi de cei de referinţă, pentru ca erorile introduse prin corecţii să fie minime.

În acest sens se recomandă :

— temperatura aburului viu să nu varieze cu mai mult de 15 grade între cele două limite maxime ce încadrează temperatura de referință;

— presiunea aburului să nu varieze peste ± 2% din valoarea de referință;

— temperatura apei de răcire să nu depășească cu mai mult de ± 5 grade valoarea nominală;

— frecvența în sistem să nu varieze cu mai mult de ± 1 Hz.

Desfășurarea probelor și metodele de măsură sînt aceleași ca la turbinele cu o priză reglabilă sau turbinele cu condensație [4].

3. *Metoda indirectă de determinare a consumului specific de căldură*

Consumul specific de căldură pentru energia electrică se determină cu aceeași relație ca la metoda directă, relația (26), elementele componente ale relației fiind luate din calculul circuitului termic efectuat cu parametri de referință și randamente interne determinate prin măsurări (conform pct.I).

La calculul circuitului termic, în afara indicațiilor redate la punctul II.2, $d - g$, trebuie să se țină seama și de următoarele:

a) Atunci cînd debitele de abur prin turbină rezultate din calcul nu corespund cu cele din încercări, η_i se va determina din diagramele $\eta_i = f\,(D_1)$ pentru fiecare caz în parte.

b) Presiunile prizelor de abur se recalculează în funcție de debitele de abur ale tronsonului de turbină din care fac parte, cu formula simplificată a lui Stodola — Flügel;

$$p_1 = \sqrt{p_2^2 + K^2 \cdot D_1^2}, \quad \text{unde } K^2 = \frac{p_{01}^2 - p_{02}^2}{D_{01}}.$$

Valorile cu indice „0'' sînt valori cunoscute ale unei situații de referință, respectiv cea măsurată.

Calculul se efectuează pentru fiecare tronson de turbină mărginit de două prize sau de o priză și capătul final. Calculul se începe de la partea finală a tronsonului și se continuă pînă la treapta de reglaj exclusiv.

Cînd p_2 este foarte mic (presiunea de condensator), relația se poate simplifica:

$$p_1 = p_{01}\frac{D_1}{D_{01}}.$$

c) Pe baza parametrilor aburului la admisie, a presiunilor și randamentelor interne, se determină entalpiile prizelor în diagrama $i - s$.

Pentru situațiile de calcul cu debitele diferite de cele experimentale, se calculează presiunile cu debite aproximate (după diagrama de regim nominală) și se recalculează după un calcul aproximativ de ciclu.

d) Pentru aceeași temperatură a apei de răcire, presiunea în condensator se determină la sarcini parțiale după temperatura aburului la buraj, care se poate considera, cu suficientă aproximație, că variază liniar cu debitul de abur în condensator.

e) Cînd temperatura apei de răcire luată în calcul diferă de cea experimentală, temperatura, respectiv presiunea în condensator, se determină în felul următor [3]:

Cu valori din încercări se determină coeficientul de schimb de căldură al condensatorului:

$$k = \frac{Q_c}{S \cdot \Delta t_{\log}} \quad [\text{kcal/m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{grad}], \tag{27}$$

unde

Q_c este căldura cedată în condensator, kcal/h;
$\Delta t_{\log}$ — diferența medie logaritmică de temperatură, grd;
S — suprafața de schimb de căldură a condensatorului, m².

Coeficientul de schimb de căldură poate fi scris sub forma $k = A \cdot \Phi_{t1}$,

unde

A este o constantă;
Φ_{t1} — factor de corecție pentru temperatura apei reci (t_1):

$$\Phi_{t1} = 1 - \frac{0{,}42\sqrt{B}}{1000} \cdot (35 - t_1)^2 \tag{28}$$

$B =$ 0,8 pentru scheme de răcire cu apă curată în circuit închis, care nu dă depuneri în țevi;
$B =$ 0,75 pentru scheme de răcire în circuit deschis sau mixt cu apă de rîu;
$B =$ 0,7 pentru cazul schemelor în circuit închis sau deschis, cînd se formează depuneri minerale sau organice.

Se calculează factorul de corecție pentru temperatura t_1 experimentală și t'_1 de calcul și se determină coeficientul de schimb de căldură pentru situația de calcul din relația:

$$k' = k\frac{Q'_{t1}}{Q_{t1}}. \tag{29}$$

Se determină apoi diferența medie logaritmică de temperatură pentru situația de calcul din relația:

$$\Delta t_{\log} = \frac{Q}{k' \cdot S} \quad [\text{grd}]. \tag{30}$$

Încălzirea apei de răcire în condesator (Δt) se ia aceeași cu cea măsurată, în funcție de debitul de abur în condensator, considerînd constant debitul apei de răcire:

$$\Delta t_{\log} = \frac{\Delta t}{2{,}3 \log\dfrac{\Delta t + \delta t'}{\delta t'}} \quad [\text{grd}]. \tag{31}$$

Se determină $\delta t'$, care este diferența între temperatura aburului la buraj și temperatura apei de răcire la ieșirea din condensator.

Temperatura aburului în condensator (și deci presiunea p_c) se determină din relația:

$$t'_0 = t'_1 + \Delta t + \delta t' \text{ [°C]}. \tag{32}$$

f) Pentru calculul bilanțului termic la preîncălzitoarele din circuitul regenerativ, se trasează următoarele grafice ajutătoare cu valori experimentale:

— $\Delta i = f(D_1)$, căderea de entalpie a aburului de priză în preîncălzitor, în funcție de debitul la intrare în corpul (partea) de turbină din care se preia priza.

În calcul se ia Δi, determinat din diagramă în funcție de D_1.

— $\delta tp = f(q_p)$, diferența de temperatură dintre temperatura de saturație a aburului de priză și temperatura de ieșire a apei de alimentare din preîncălzitor, în funcție de D_1, Δi și suprafața Sp de schimb de căldură, $q_p = \frac{D_1 \cdot \Delta i}{S}$ [kcal/m²·h].

În calcul se adoptă δt_p, determinat din diagramă în funcție de q_p.

g) Pentru măsurători industriale și pentru unele recalculări, calculul circuitului termic se poate efectua simplificat conform [5].

Obs. Toate valorile experimentale necesare calculelor se iau din măsurările care se efectuează pentru determinarea randamentului intern.

Concluzii

Determinarea randamentului intern „de diagramă" este relativ imprecisă, cu toate măsurile de precauție și corecțiile tehnic posibile, din cauza aproximărilor ce trebuie făcute în domeniul aburului umed.

În U.R.S.S., ORGRES a încercat determinarea randamentului intern în condiții de abur saturat uscat în condensator (circa 0,2 at). Temperatura aburului eșapat a fost măsurată în mai multe puncte în secțiunea de intrare a aburului în condensator, obținîndu-se diferențe de temperatură între diferite puncte ce au depășit 20 grd. În asemenea condiții, temperatura medie nu se poate determina corect, neexistînd posibilitatea ponderării diferitelor zone de temperatură.

De asemenea, determinarea directă a punctului final de destindere a aburului în turbină prin măsurarea umidității este imprecisă, din cauza neuniformității umidității în secțiune.

Astfel, determinarea prin măsurări a randamentului intern nu este practic realizabilă cu precizia necesară unui indicator de garanție, în condițiile tehnicii curente. Cu toate acestea, randamentul intern rămîne un indicator calitativ al paletajului, foarte interesant pentru exploatare.

Ca indicator de garanție se adoptă consumul specific de căldură sau combustibil, determinat pe cale directă.

Bibliografie

[1] Kliamkin, C. L. *Teplovoe ispitanie paroturbinth ustanovok elecktrostanții.* Gosenergoizdat, Moscova — Leningrad, 1961.

[2] Bartlett, R. L. *Teplovaia ekonomicinost i ekonomika parovih turbin.* Gosenergoizdat, Moscova — Leningrad, 1963.

[3] Kretschmer, W. *Ingenieur — Taschenbuch.* VEB Verlag Technik, Berlin, 1959.

[4] Goldstein, D. și Demetrescu, R. *Metodologie aplicată de IRME pentru efectuarea încercărilor termice la agregatele de bază.* IRME, Generalizarea experienței de exploatare, vol. 3, 1964.

[5] Golici, D. *Calculul simplificat al circuitelor termice din CTE și CET.* IDT, Din experiența uzinelor noastre, 1962.

[6] Traupel, W. *Thermische Turbomaschinen.* Springer Verlag, Berlin — Göttingen, 1960.

(Articol intrat în redacție la 2 iunie 1967)

Realizări și perspective privind îmbunătățirea factorului de putere la consumatori și în sistemul electroenergetic

Ing. **G. Panaitescu** și ing. **M. Grăniceanu** *)

După cum este știut, în făurirea unei economii moderne, dezvoltată armonios, o importanță esențială are creșterea susținută a bazei energetice și a producției de energie electrică.

În perioada 1950—1965 producția de energie electrică a țării noastre a crescut de peste 9 ori, iar puterea instalată de peste 4,4 ori. S-au pus în funcțiune aproape 100 000 km rețele electrice, creîndu-se și dezvoltîndu-se sistemul energetic național.

Pentru perioada anilor 1966—1975, Directivele Congresului al IX-lea al P.C.R. prevăd ca, în concordanță cu dezvoltarea economiei naționale, producția de energie electrică să crească în continuare, ajungînd în 1975 la 55—60 miliarde kWh.

---

*) G. Panaitescu este inginer la C.S.P.; M. Grăniceanu este inginer în M.E.E.

Avînd în vedere cantitățile din ce în ce mai mari de energie electrică ce vor fi produse în centralele electrice și vehiculate prin rețelele de transport și distribuție pînă la consumatori, problema acoperirii și a consumului de energie reactivă (respectiv problema factorului de putere) prezintă o importanță deosebită, ținînd seamă de efectele negative pe care aceasta le produce în sistemul energetic.

Vehicularea de putere reactivă (respectiv energie reactivă) prin rețelele electrice de transport de înaltă și foarte înaltă tensiune de la centralele electrice și pînă la consumatori s-a dovedit a fi neeconomică, din cauza unor efecte negative, cum ar fi : producerea de pierderi suplimentare de energie electrică, supradimensionarea instalațiilor energetice, producerea de căderi de tensiuni suplimentare, reducerea capacității de încărcare cu putere activă a instalațiilor electrice și mecanice [1].

Problema puterii reactive (respectiv a energiei reactive), prezentînd aspecte deosebite de puterea activă, a determinat o serie de preocupări speciale și în țara noastră, în următoarele direcții :

— stabilirea unor principii fundamentale privind producerea puterii reactive și reglajul tensiunii în sistemul energetic cu rețele dezvoltate de tensiune înaltă și foarte înaltă și

— stabilirea concretă a surselor de putere reactivă pentru un anumit sistem energetic, pe baza principiilor fundamentale adoptate.

Avînd în vedere cele expuse, în articolul de față se propune să se prezinte preocupările din trecut și pînă în 1965, precum și preocupările de prezent și de perspectivă, în acțiunea de reducere a pierderilor de energie activă prin ridicarea valorii factorului de putere (cos φ) atît la consumatori cît și în sistemul energetic național.

Rezultatele obținute în acest domeniu de preocupări, pînă în anul 1960, au fost prezentate în cadrul unui articol publicat în revista ,,Energetica'' nr. 9 din anul 1961. În concluziile articolului menționat se arată necesitatea continuării și intensificării acțiunii de creștere a valorii factorului de putere, atît la consumatorii industriali de energie electrică cît și în sistemul electroenergetic, de către întreprinderile furnizoare de energie electrică [2].

Desigur, în această acțiune consumatorii industriali au un rol deosebit în ceea ce privește ridicarea factorului de putere, deoarece aceștia reprezintă circa 60% din consumul total intern de energie electrică și la care se găsesc și utilajele mari consumatoare de energie reactivă (motoare asincrone, transformatoare etc). În afară de aceasta, industria electrotehnică era chemată să asigure fabricarea condensatoarelor statice și compensatoarelor sincrone, asimilînd tipuri noi pentru diferite tensiuni și capacități, astfel ca să se înceapă instalarea pe scară largă a unor asemenea utilaje și în rețelele de transport și distribuție a energiei electrice, în afara măsurilor de îmbunătățire a factorului de putere pe cale naturală.

În ceea ce privește plata energiei reactive, se propunea menținerea regimului tarifar introdus încă de la 1 ianuarie 1956 prin HCM nr. 188/1955, cu privire la acordarea de bonificații sau aplicarea de majorări asupra valorii energiei electrice active consumate, în funcție de mărimea medie a factorului de putere realizat la fiecare consumator industrial în parte.

I. Realizări obținute în perioada 1956—1965 pe linia îmbunătățirii factorului de putere la consumatori

Acțiunea susținută de îmbunătățire a factorului de putere a început din anul 1956 — o dată cu introducerea sistemului de bonificări-penalizări la valoarea energiei electrice active consumate. Astfel, în perioada 1956—1960 nivelul factorului de putere mediu pe ansamblul marilor consumatori industriali a crescut de la 0,69 în 1955 la 0,86 în 1960, iar pe total sistem de la 0,70 la 0,80.

Pe principalele ramuri industriale, situația comparativă a creșterii valorii factorului de putere mediu, în aceeași perioadă, se prezintă astfel :

Tabela 1

Ramura industrială	cos φ realizat		Creștere, % 1960/1955
	1955	1960	
Total industrie din care :	*0,69*	*0,86*	*125*
Industria petrolului	0,54	0,85	157
Industria chimică	0,83	0,85	102
Industria cimentului	0,73	0,89	122
Industria constructoare de mașini	0,73	0,87	119
Industria textilă	0,70	0,86	123
Industria hîrtiei și celulozei	0,77	0,91	118
Industria siderurgică	0,83	0,87	105

Din tabelă se observă influența deosebită pe care a avut-o aplicarea sistemului de bonificări-majorări pentru factorul de putere. Ramurile care aveau valori scăzute ale factorului de putere, ca industria petrolului (0,54), industria textilă (0,70), industria cimentului (0,73) și altele, au înregistrat creșteri mult mai ridicate decît ramurile care se situau la un nivel mai ridicat, ca industria siderurgică (0,83), industria chimică (0,83) etc.

Un alt element care se poate remarca din această tabelă este faptul că nivelul factorului de putere mediu atins în 1960 ($\cos \varphi_m = 0,86$)

se situează foarte aproape de valoarea neutrală a factorului de putere stabilită în cadrul tarifelor pentru energia electrică din anul 1960 ($\cos \varphi_n = 0{,}85$); aceasta arată importanţa deosebită pe care o prezintă nivelul factorului de putere neutral în stimularea consumatorilor industriali în vederea îmbunătăţirii factorului de putere.

Faţă de 1955, puterea instalată în mijloace de compensare la marii consumatori industriali în 1960 a crescut la compensatoare sincrone de la 26 644 kVar la 110 917 kVar, iar la condensatoare statice de la 33 668 kVar la 155 950 kVar.

În perioada 1961—1965 preocupările pentru îmbunătăţirea factorului de putere au continuat într-un ritm tot atît de susţinut. Începînd de la 1 ianuarie 1963 nivelul valorii factorului de putere neutral a fost ridicat de la 0,85 la 0,90, fapt care a condus la o nouă impulsionare a măsurilor de compensare a energiei reactive. Astfel, în această perioadă, puterea instalată în mijloace de compensare la marii consumatori industriali a crescut la compensatoare sincrone de la 110 917 kVar la 184 622 kVar, iar la condensatoare statice de la 155 950 kVar la 547 656 kVar.

Ca urmare a acestei masive dotări cu mijloace de compensare, factorul de putere pe ansamblul marilor consumatori industriali s-a ridicat de la 0,86 în 1960 la 0,926 în 1965 şi la 0,93 în 1966.

Pe principalele ramuri industriale, creşterea valorii factorului de putere mediu la consumatori a crescut în perioada 1960—1965 cum se arată în tabela 2.

Tabela 2

Ramura industrială	cos φ realizat			Creştere, %	
	1960	1965	1966	1965/ 1960	1966/ 1960
Total industrie	0,86	0,926	0,93	107	108
din care :					
— industria petrolului	0,85	0,925	0,93	108	109
— industria chimică	0,85	0,92	0,93	108	109
— industria cimentului	0,89	0,93	0,94	104	105
— industria constructoare de maşini	0,87	0,91	0,93	104	106
— industria textilă	0,86	0,92	0,93	107	108
— industria hîrtiei şi celulozei	0,91	0,94	0,94	103	103
— industria siderurgică	0,87	0,92	0,93	105	107

Creşterea valorii factorului de putere la marii consumatori a avut o influenţă pozitivă şi în creşterea valorii factorului de putere pe ansamblul sistemului energetic.

Astfel, între 1960 şi 1965, factorul de putere mediu pe sistemul energetic a crescut de la 0,80 la 0,83. Această valoare este mai scăzută decît valoarea medie a factorului de putere realizat de marii consumatori, deoarece puterea instalată în mijloace de compensare a puterii reactive în sistem a fost foarte redusă, iar nivelul factorului de putere neutral al instalaţiilor energetice de transport şi distribuţie a energiei electrice este scăzut (cos φ natural circa 0,7).

În ceea ce priveşte acoperirea consumului de energie reactivă, dintr-o analiză făcută în anul 1965 [3], rezultă că proporţia de participare a diferitelor surse era următoarea :

66—68% prin generatoare din centralele electrice;

2— 3% prin compensatoare sincrone montate în reţele şi la marii consumatori industriali;

18—20% prin baterii de condensatoare montate la marii consumatori industriali;

11—12% prin capacitatea liniilor electrice.

De menţionat că în alte ţări energia reactivă produsă de generatoarele din centralele electrice reprezintă un procent mult mai mic faţă de totalul energiei reactive produse în sistem (Franţa 46%, Japonia 42%, S.U.A. 26%). O pondere însemnată în aceste ţări (circa 20%) are însă energia reactivă produsă de compensatoare sincrone şi condensatoare statice montate în sistem.

Datorită cantităţilor importante de energie reactivă produse în centrale şi vehiculate către consumatori, apar pierderi suplimentare de energie electrică activă în reţele, concomitent cu majorarea căderilor de tensiune şi înrăutăţirea exploatării [4].

Pentru evitarea acestor fenomene neplăcute este necesar să se continue acţiunea de îmbunătăţire a factorului de putere la consumatori şi mai ales să se treacă concomitent la compensarea energiei reactive şi în sistemul energetic.

II. Influenţa tarifării energiei electrice asupra creşterii valorii medii a factorului de putere la consumatorii industriali

Rezultatele bune obţinute în perioada de zece ani (1956—1965) pe linia ridicării valorii factorului de putere la consumatori se datoresc atît măsurilor luate de întreprinderile industriale pentru reducerea pierderilor interne de energie electrică, cît şi elementului stimulator cuprins în tarifarea energiei electrice active ce prevede acordarea de bonificaţii, respectiv de majorări în funcţie de mărimea factorului de putere mediu realizat de fiecare consumator, asupra valorii totale a energiei electrice active consumate [5]. Este de menţionat că un asemenea sistem pentru energia reactivă se practică şi în alte ţări din Europa [6].

Introducerea, pentru prima dată, a sistemului de bonificări-majorări pentru factorul de putere s-a făcut de la 1 ianuarie 1956 (conform HCM nr. 188/1955), cînd s-a fixat valoarea neutrală a factorului de putere, la nivelul de 0,75.

În perioada 1955—1965 această valoare neutrală a fost modificată, în corelare cu creșterea valorii factorului de putere la consumatori și cu posibilitățile acestora de fabricare, de procurare și de montare a mijloacelor de compensare. De asemenea, la modificarea valorii neutrale a factorului de putere un rol important l-a avut balanța de plăți și încasări rezultată ca urmare a aplicării sistemului de bonificari-majorări.

Avînd în vedere cele de mai sus, în perioada 1956—1965 valoarea neutrală a factorului de putere s-a modificat de 3 ori, trecînd de la cos φ neutral de 0,75, stabilit în 1956, la 0,85 în 1960 și la 0,90 în 1963.

Procentele de bonificări-majorări ale valorii energiei electrice active, în funcție de nivelul factorului de putere realizat, aplicate în perioada 1956—1965, au fost următoarele :

Tabela 3

Perioada	Actul normativ	cos φ	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
1956—1959	HCM nr. 188/1955	(−) % bonificări (+) % majorări	−15,0	−12,5	−10,0	−7,5	−5,0	0	+ 5	+20	+35	+50	+ 60	+80	+95	+110	+125
1960—1962	HCM nr. 204/1960	,,	−10,0	−7,5	−5,0	0	+10	+20	+35	+50	+70	+90	+115	—	—	—	—
1963—	HCM nr. 1279/1962	,,	−10,0	−5,0	0	+5	+15	+25	+40	+60	+80	—	—	—	—	—	—

Pentru valori intermediare ale valorii factorului de putere se aplică o interpolare liniară a procentelor de bonificări-majorări.

Procentele de bonificări, respectiv de majorări au fost stabilite ținîndu-se seamă de variația puterii aparente (ΔS), a puterii reactive (ΔQ) și a pierderilor de putere Δ (ΔP), față de un anumit factor de putere neutral.

Variațiile ΔS, ΔQ și Δ (ΔP) pentru factorul de putere neutral de 0,90 sînt arătate în tabela 4.

Față de valorile teoretice ale funcțiilor $\frac{1}{\cos\varphi}$ și $\frac{1}{\cos^2\varphi}$, valorile procentuale de bonificări și majorări din tarifele în vigoare se situează între valorile acestor două funcții, mai apropiate de cele pentru $\frac{1}{\cos\varphi}$.

Față de nivelul factorului de putere mediu realizat în 1966 de marii consumatori industriali ($\cos\varphi = 0{,}930$), valoarea neutrală a factorului de putere de 0,90 aplicată în prezent nu mai este stimulatoare. Avînd în vedere efectul pozitiv pe care l-a jucat sistemul de bonificări-majorări pentru ridicarea factorului de putere la consumatori, este necesară revizuirea actualei scări de bonificări-majorări și ridicarea nivelului factorului de putere neutral în jurul valorii de 0,93—0,95.

III. Perspectivele utilizării mijloacelor de compensare la consumatori și în sistemul energetic

După cum s-a arătat mai sus, valoarea medie a factorului de putere atins în 1966 a fost de 0,930 la marii consumatori industriali și de circa 0,7 în rețelele sistemului energetic.

Pe ansamblu sistem-consumator, valoarea medie a factorului de putere realizat în 1966 a fost de circa 0,83. Pe baza studiilor efectuate în țara noastră și în alte țări, valoarea factorului de putere pînă la care este practic economică, în general, compensarea factorului de putere este de circa 0,98 la consumatorii racordați la rețele de joasă tensiune, de circa

Tabela 4

Cos φ	$\frac{1}{\cos\varphi}$	$\cos^2\varphi$	$\frac{1}{\cos^2\varphi}$	Reduceri (−) $\frac{1}{\cos\varphi}$	Reduceri (−) $\frac{1}{\cos^2\varphi}$	Majorări (+) Scara tarifară în vigoare
1	1,000	1,000	1,000	− 9,0	− 19,0	− 10,0
0,95	1,052	0,903	1,107	− 5,3	− 10,3	− 5,0
0,90	1,111	0,810	1,234			
0,85	1,176	0,723	1,383	+ 5,9	+ 12,0	+ 5,0
0,80	1,250	0,640	1,562	+12,5	+ 26,6	+15,0
0,75	1,333	0,563	1,776	+20,0	+ 43,9	+25,0
0,70	1,428	0,490	2,040	+28,5	+ 65,3	+40,0
0,65	1,538	0,423	2,364	+38,4	+ 91,6	+60,0
0,60	1,666	0,360	2,778	+50,0	+125,1	+80,0

0,95 la cei racordați la rețele de medie tensiune (6—35 kV) și de circa 0,93 la cei racordați la rețele de înaltă tensiune (110 kV și mai mult).

Ținînd seamă de dezvoltarea consumului de energie electrică în perspectivă pînă ln 1975, pentru atingerea valorilor arătate mai sus ar fi necesară montarea în sistemul energetic a unor surse de energie reactivă de circa 2000 MVar și la marii consumatori industriali de circa 2200 MVar.

Din totalul utilajelor pentru compensarea factorului de putere și reglajul tensiunii se aproximează că circa 85% va fi în condensatoare statice și circa 15% în compensatoare sincrone de mare putere (peste 25—30 MVar). Pentru asigurarea montării condensatoarelor statice în sistem, este necesar însă ca industria noastră electrotehnică să treacă de urgență la asimilarea și fabricarea în serie a condensatoarelor statice pentru înaltă tensiune de tip exterior și a aparatajului de comutație, reglaj și protecție corespunzător, precum și a dispozitivelor automate de reglaj al capacității bateriilor de condensatoare conectate, în funcție de curba de consum de putere reactivă a marilor consumatori industriali sau de nivelul de tensiune.

Bibliografie

[1] Grzybowski, S. ș.a. *Condensatoare în electroenergetică.* Editura Tehnică, 1966.

[2] Panaitescu, G. și Grăniceanu, M. *Unele aspecte ale problemei îmbunătățirii factorului de putere în R.P.R.* Energetica nr. 9, 1961.

[3] Grigoriu, G. *Puterea reactivă în sistemul energetic român.* Energetica nr. 12, 1966.

[4] Feldmann, V. și Văleanu, U. *Utilizarea rațională a energiei electrice.* Editura Tehnică, 1966.

[5] Panaitescu, G. și Ghersin, R. *Unele aspecte tehnico-economice ale îmbunătățirii factorului de putere.* Revista Finanțe-Credit nr. 2, 1962.

[6] * * * *Structure des tarifs de l'energie électrique en Europe.* Comission economique pour l'Europe, Comité de l'energie électrique. ST/ECE/EP/27, 1965.

(Articol intrat în redacție la 30 iunie 1967)

Analiza eficacității termice a centralelor nuclearoelectrice cu reactoare fierbătoare moderate cu apă grea

Dr. ing. **C. Haiduc** *)

În urma cercetărilor întreprinse în cursul anilor 1964—1966 au fost elaborate lucrările [1], [2], [3], privind determinarea tipului optim de CNE pentru condițiile R.S. România. În cadrul lucrărilor amintite a fost elaborată metoda de determinare a tipului optim de CNE, aplicîndu-se pentru o serie de tipuri de CNE la puteri de 1000 MW, în condițiile țării noastre. În această lucrare nu se va prezenta această metodă, ci numai unele rezultate ale acestor cercetări.

În figura 1 se prezintă variația relativă a cheltuielilor specifice de calcul pentru 13 tipuri de CNE față de CTE de perspectivă pe lignit la aceeași putere (1000 MW).

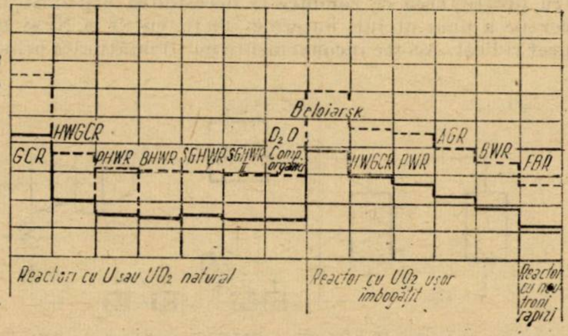


Fig. 1. Variația relativă a cheltuielilor specifice de calcul pentru CNE față de CTE de perspectivă pe lignit :

GCR — reactor răcit cu gaz moderat cu grafit; *HWGCR* — reactor răcit cu gaz moderat cu apă grea; *PHWR* — reactor răcit și moderat cu apă grea; *BHWR* — reactor fierbător răcit și moderat cu apă grea; *SGHWR* — reactor fierbător cu H_2O moderat cu apă grea, *I* — cu UO_2 natural, *II* — cu U natural; *D_2O-compuși organici* — reactor răcit cu compuși organici moderat cu apă grea; *Beloiarsk* — reactor fierbător cu supraîncălzire nucleară moderat cu grafit; *PWR* — reactor cu apă sub presiune; *AGR* — reactor avansat răcit cu gaz moderat cu grafit; *BWR* — reactor fierbător răcit și moderat cu apă; *FBR* — reactor cu neutroni rapizi reproducător.

În figura 1, pentru $\Delta Z_e^* < 0$, CNE sînt mai economice decît CTE pe lignit, și invers. Din aceste date, deosebit de importante, rezultă faptul că în cazul utilizării uraniului natural drept combustibil, CNE cu reactoare moderate cu apă grea de tipurile SGHWR, PHWR, BHWR și D_2O-compuși organici sînt mai economice decît CTE pe lignit. CNE cu reactoare HWGCR sînt comparabile ca economicitate cu CTE pe lignit.

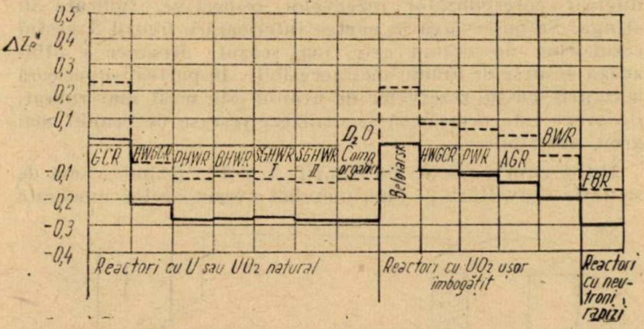


Fig. 2. Variația relativă a cheltuielilor specifice de calcul pentru CNE față de CTE de perspectivă pe lignit în cazul cînd se ține seamă de investițiile în ciclurile de combustibil la CNE și CTE (Notațiile sînt cele din figura 1).

Din analiza efectuată rezultă de asemenea că cel mai economic reactor nuclear energetic în condițiile țării noastre este reactorul cu neutroni rapizi răcit cu natriu.

În cazul cînd la determinarea economicității CNE față de CTE pe lignit se ține seamă și de investițiile în ciclurile de combustibil atît pentru CNE cît și pentru CTE pe lignit, pentru ΔZ_e^* se obțin datele din figura 2.

Datele din figura 2 arată că și în cazul cînd se ține seamă de ciclurile de combustibil aferente, o serie de tipuri de CNE sînt mai economice decît CTE pe lignit. Rezultă, de asemenea, marea importanță a dezvoltării cercetărilor și studiilor privind CNE cu reactoare cu neutroni rapizi.

---

*) Ing. C. Haiduc este cercetător la Institutul de energetică al Academiei R. S. România.

În cazul cînd se admite uraniul natural drept combustibil pentru CNE apare evident faptul că reactoarele energetice moderate cu D_2O, de tipurile SGHWR, BHWR, PHWR, sînt cele mai economice în condițiile țării noastre.

Este evident însă faptul că, dintre aceste tipuri de reactoare energetice, cea mai mare experiență acumulată pe plan mondial există în domeniul reactoarelor PHWR, BHWR, SGHWR.

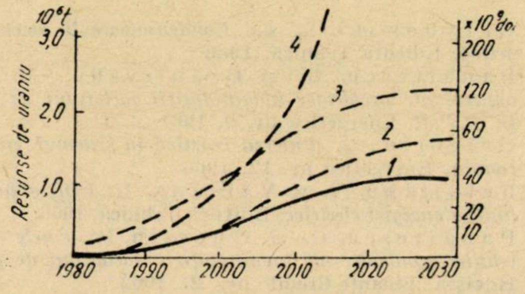


Fig. 3 Variația consumului resurselor de uraniu pentru diferite tipuri de reactoare nucleare în țările capitaliste [4] :

1 – reactoare cu D_2O cu Th și reactoare cu neutroni rapizi ; *2* – reactoare cu neutroni rapizi reproducătoare și reactoare convertizoare cu D_2O ; *3* – reactoare cu neutroni rapizi reproducătoare și reactoare convertizoare cu H_2O ; *4* – reactoare convertizoare cu H_2O și reciclarea plutoniului.

Este foarte important de subliniat faptul că utilizarea în perspectivă în țara noastră a reactoarelor moderate cu D_2O, împreună cu reactoarele cu neutroni rapizi, conduce la utilizarea cea mai rațională a unor resurse date de combustibil nuclear. Pentru ilustrarea acestui lucru, în figura 3 se prezintă variația consumului de uraniu în cazul adoptării diferitelor tipuri de reactoare nucleare pentru programele de dezvoltare a energeticii nucleare în țările capitaliste.

Din figura 3 rezultă că cel mai mic consum de combustibil nuclear va fi în cazul utilizării combinației dintre reactoare moderate cu D_2O utilizînd thoriu și reactoare cu neutroni rapizi (fig. 3, curba *1*).

În figura 3 este dat de asemenea costul combustibilului nuclear corespunzător rezervelor respective, indicate în stînga. Se observă că în partea inferioară a figurii 3 costul rezervelor de uraniu este mai scăzut, deoarece se utilizează resurse de uraniu mai accesibile. În partea superioară a figurii, costul rezervelor de uraniu este mult mai ridicat, deoarece este necesar să se utilizeze resurse de uraniu mai greu accesibile.

După cum a reieșit din figurile 1 și 2 și ținînd seamă de situația dezvoltării pe plan mondial a reactoarelor moderate cu D_2O, rezultă că cele mai probabile reactoare nucleare energetice pentru condițiile țării noastre sînt următoarele tipuri : PHWR, BHWR, SGHWR. Ciclurile termodinamice ale acestor reactoare, în cazul utilizării aburului saturat, sînt cunoscute din literatura de specialitate și ele prezintă interes pentru țara noastră. Aceste scheme pentru reactoare PHWR și BHWR sînt cu dublu circuit (fig. 4).

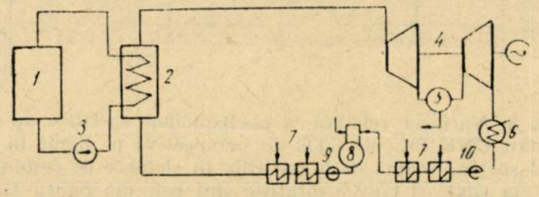


Fig. 4. Schema termică a CNE cu reactoare PHWR sau BHWR :

1 – reactor nuclear PHWR sau BHWR ; *2* – generator de abur ; *3* – pompă de circulație a circuitului primar ; *4* – turbină cu abur saturat ; *5* – separator de umiditate ; *6* – condensatoare ; *7* – preîncălzitoare regenerative ; *8* – degazor ; *9* – pompă de alimentare ; 10 – pompă de condensat.

În cazul reactorului PHWR, supraîncălzirea aburului poate fi realizată în trei moduri (fig. 5, 6, 7).

În cazul ciclului din figura 5, supraîncălzirea aburului de apă se face în canale speciale ale reactorului PHWR sau BHWR. Un astfel de ciclu termic prezintă interes deoarece, cu toate că se utilizează D_2O ca moderator și agent de răcire, se face și supraîncălzirea nucleară a aburului.

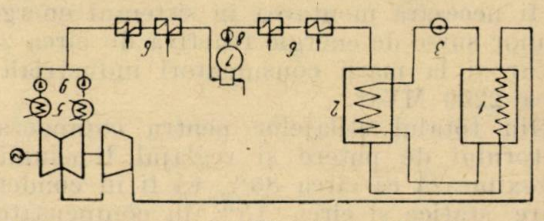


Fig. 5. Schema termică a CNE cu reactor PHWR sau BHWR cu supraîncălzire nucleară a aburului :

1 – reactor nuclear PHWR sau BHWR cu supraîncălzire nucleară a aburului ; *2* – generator de abur ; *3* – pompa de circulație a circuitului primar ; 4 – turbină cu abur supraîncălzit ; *5* – condensator ; *6* – preîncălzitoare regenerative ; 7 – degazor ; *8* – pompă de alimentare ; *9* – pompă de condensat.

În cazul ciclului termic din figura 6, supraîncălzirea aburului se face cu combustibil clasic identic cu CNE Indian Point. Trebuie menționat însă faptul că realizarea supraîncălzirii cu combustibil clasic într-un supraîncălzitor de tipul celui utilizat la CNE Indian Point prezintă o serie de probleme legate în special de răcirea ecranelor focarului cu abur în regim nominal și mai ales la sarcini scăzute. Coeficientul de cedare a căldurii de la perete la abur fiind scăzut, are loc o creștere însemnată a temperatuiii admise pentru perete, ceea ce conduce la necesitatea utilizării pentru ecrane a unor oțeluri puternic aliate cu Cr și Ni și la un preț ridicat. Aceste inconveniente pot fi înlăturate prin utilizarea unui ciclu de CNE combinată (CNEC), prezentat în figura 7. În acest caz, aburul saturat obținut în generatorul de abur se supraîncălzește într-un supraîncălzitor plasat pe traseul gazelor într-un cazan obișnuit, care funcționează la o sarcină termică corespunzătoare treptei nucleare a CNEC.

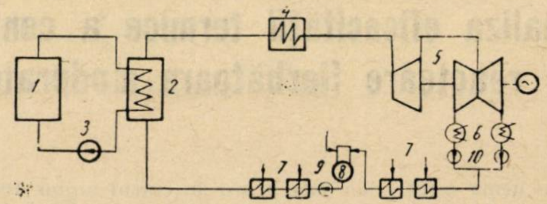


Fig. 6. Schema termică a CNE cu reactor BHWR sau PHWR și supraîncălzire clasică a aburului :

1 – reactor nuclear BHWR sau PHWR ; *2* – generator de abur ; *3* – pompa de circulație a circuitului primar ; *4* – supraîncălzitor de abur cu combustibil clasic ; *5* – turbină cu abur supraîncălzit ; *6* – condensatoare ; *7* – preîncălzitoare regenerative ; *8* – degazor ; *9* – pompă de alimentare ; *10* – pompă de condensat.

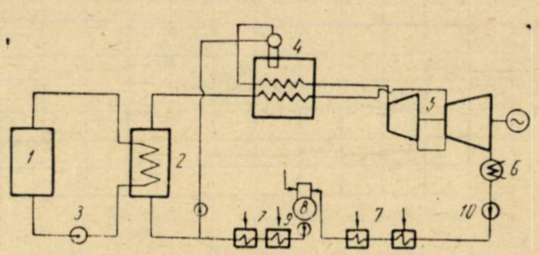


Fig. 7. Schema termică a CNE combinate echipate cu reactoare BHWR sau PHWR :

1 – reactor nuclear BHWR sau PHWR ; *2* – generator de abur ; *3* – pompă de circulație a circuitului primar ; *4* – cazan cu două supraîncălzitoare de abur ; *5* – turbină cu două presiuni ; *6* – condensator ; *7* – preîncălzitoare regenerative ; *8* – degazor ; *9* – pompă de alimentare ; *10* – pompă de condensat.

Parametrii termici ai ciclului treptei termice sînt mai ridicaţi decît pentru treapta nucleară, realizîndu-se astfel un ciclu cu două presiuni. Alte tipuri de cicluri termodinamice de CNEC au fost analizate în lucrările [13], [14], [15], [16], în care sînt date metodele de analiză termodinamică şi de optimizare complexă a parametrilor CNEC.

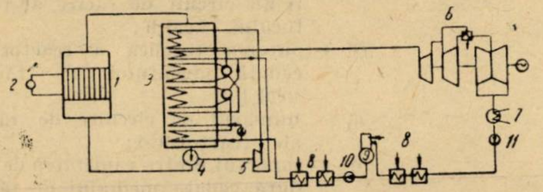


Fig. 8. Schema termică a CNE cu reactor HWGCR :

1 — reactor nuclear HWGCR ; *2* — sistemul de răcire a moderatorului ; *3* — generator de abur ; *4* — suflantă ; *5* — turbină cu contrapresiune ; *6* — turbină cu abur supraîncălzit ; *7* — condensator ; *8* — preîncălzitoare regenerative ; *9* — degazor ; *10* — pompă de alimentare ; *11* — pompă de condensat.

În cazul reactoarelor moderate cu D_2O şi răcite cu CO_2 (HWGCR), ciclurile termodinamice în care se poate realiza supraîncălzirea aburului sînt prezentate în figurile 8 şi 9.

În ceea ce priveşte ciclurile din figura 8, supraîncălzirea aburului se realizează în partea superioară a generatorului de abur. Suflanta din primul circuit este antrenată cu turbină.

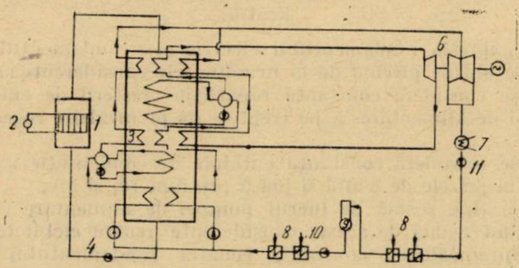


Fig. 9. Schema termică a CNE cu reactor HWGCR cu supraîncălzire intermediară a aburului. (Notaţiile sînt cele din figura 8).

În figurile 8 şi 9 reactoarele sînt cu tuburi sub presiune, iar moderatorul (D_2O) are un circuit special de răcire.

În ciclul termic din figura 9, pe lîngă realizarea supraîncălzirii aburului, se realizează de asemenea şi supraîncălzirea intermediară a aburului, ceea ce conduce la o creştere importantă a randamentului ciclului. Astfel de circuri termice se realizează la reactoarele răcite cu gaz, de tip avansat (AGR). Dacă se analizează posibilităţile de realizare a ciclurilor termodinamice cu reactoare fierbătoare moderate cu D_2O şi răcite cu apă, se observă că pot fi realizate ciclurile directe prezentate în figurile 10, 11, 12.

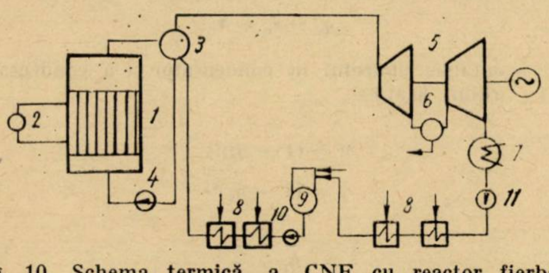


Fig. 10. Schema termică a CNE cu reactor fierbător moderat cu D_2O şi răcit cu apă :

1 — reactor nuclear fierbător moderat cu apă grea ; *2* — sistemul de răcire a moderatorului ; *3* — tambur separator ; *4* — pompă de circulaţie ; *5* — turbină cu abur saturat ; *6* — separator de umiditate ; *7* — condensator ; *8* — preîncălzitoare regenerative ; *9* — degazor ; *10* — pompă de alimentare ; *11* — pompă de condensat.

În cazul ciclului termic prezentat în figura 10, aburul de apă saturat, obţinut în reactorul cu tuburi sub presiune, este trimis direct în turbină. Turbina este prevăzută cu sistem de separare a umidităţii. Reactorul în acest caz este prevăzut cu sistem de răcire a moderatorului.

În cazul realizării supraîncălzirii clasice la acest ciclu (fig. 11) se poate obţine o creştere importantă a randamentului ciclului, o creştere însemnată a puterii unitare a grupului şi o micşorare corespunzătoare a consumului specific de abur în CNE şi a necesarului de apă de răcire. Un neajuns important al acestui ciclu constă în faptul că se utilizează doi combustibili, iar în caz de defecţiuni la elementele de combustibili are loc o infectare a supraîncălzitorului clasic cu produse de fisiune, la fel ca întregul circuit al CNE. Trebuie menţionat însă faptul că supraîncălzirea clasică este mai simplu de realizat decît supraîncălzirea nucleară, care necesită UO_2 îmbogăţit.

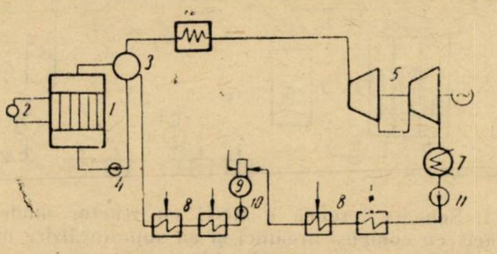


Fig. 11. Schema termică a CNE cu reactor fierbător moderat cu D_2O răcit cu apă şi cu supraîncălzire clasică a aburului :

(Notaţiile sînt cele din figura 10, iar *5* — turbină cu abur supraîncălzit : *12* — supraîncălzitor de abur cu combustibil clasic).

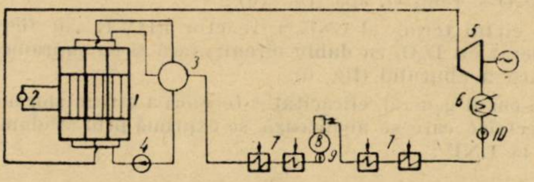


Fig. 12. Schema termică a CNE cu reactor fierbător moderat cu D_2O răcit cu apă şi cu supraîncălzire nucleară a aburului :

1 — reactor fierbător cu supraîncălzire nucleară moderat cu apă grea ; *2* — sistemul de răcire a moderatorului ; *3* — tambur separator ; *4* — pompa de circulaţie a reactorului ; *5* — turbină cu abur supraîncălzit ; *6* — condensator ; *7* — preîncălzitoare regenerative ; *8* — degazor ; *9* — pompă de alimentare ; *10* — pompă de condensat.

În figura 12 este prezentat ciclul termic cu supraîncălzire nucleară a aburului. Reactorul este moderat cu D_2O şi prevăzut cu canale sub presiune, atît pentru zona de fierbere cît şi pentru zona de supraîncălzire nucleară. Zona de supraîncălzire nucleară este amplasată în centrul reactorului, iar zona de fierbere, periferic, sub formă de coroană.

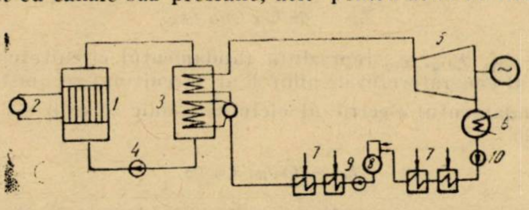


Fig. 13. Schema termică a CNE cu reactor moderat cu D_2O şi răcit cu compuşi organici :

1 — reactor nuclear răcit cu compuşi organici, moderat cu apă grea ; *2* — sistemul de răcire a moderatorului ; *3* — generator de abur ; *4* — pompa de circulaţie a reactorului ; *5* — turbină cu abur supraîncălzit ; *6* — condensator ; *7* — preîncălzitoare regenerative ; *8* — degazor ; *9* — pompă de alimentare ; *10* — pompă de condensat.

În cazul reactorului moderat cu D_2O, răcit cu compuşi organici, supraîncălzirea aburului se poate realiza în cadrul ciclurilor din figurile 13 şi 14.

În ciclul din figura 13, în generatorul de abur se obţine abur supraîncălzit, care este trimis în turbină. În ciclul din figura 14, aburul saturat obţinut în generatorul de abur este trimis în zona de supraîncălzire nucleară, moderată cu D_2O, la fel ca zona de fierbere.

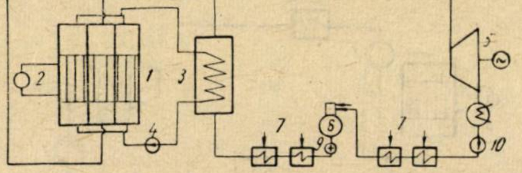


Fig. 14. Schema termică a CNE cu reactor moderat cu D_2O răcit cu compuşi organici şi cu supraîncălzire nucleară a aburului :

1 — reactor nuclear cu supraîncălzire nucleară a aburului ; *2* — sistemul de răcire a moderatorului ; *3* — generator de abur ; *4* — pompă de circulaţie a reactorului ; *5* — turbină cu abur supraîncălzit ; *6* — condensator ; *7* — preîncălzitoare regenerative ; *8* — degazor ; *9* — pompă de alimentare ; *10* — pompă de condensat.

Analizînd schemele termice prezentate mai sus, rezultă că, în cazul cînd nu se admite introducerea aburului de apă grea în tubină, şi ţinînd seamă de faptul că supraîncălzirea nucleară nu se poate realiza cu uraniu natural, rezultă că cele mai adecvate cicluri de studiat pentru condiţiile ţării noastre sînt următoarele :

— ciclul termic direct al CNE cu reactor fierbător moderat cu D_2O şi răcit cu apă (fig. 10) ;

— ciclul termic al CNE cu reactor PHWR sau fierbător moderat cu D_2O, cu dublu circuit, fără şi cu supraîncălzire clasică a aburului (fig. 6).

În cazul general, eficacitatea termică a centralelor nuclearoelectrice care se analizează se exprimă prin randamentul net la CNE :

$$\eta_n = \eta_p \eta_e (1 - K), \tag{1}$$

unde

η_e este randamentul electric al ciclului termodinamic ;

K — consumul relativ intern de putere.

Mărimea η_p în cazul CNE cu ciclu direct se exprimă prin relaţia :

$$\eta_p = \eta_r \eta_c \tag{2}$$

η_r şi η_c fiind randamentul reactorului şi al conductelor.

În cazul CNE cu dublu circuit :

$$\eta_p = \eta_r \eta_{c1} \eta_{g \cdot a} \eta_{c2}, \tag{3}$$

unde η_{c1}, $\eta_{g \cdot a}$, η_{c2} reprezintă randamentul circuitului primar, al generatorului de abur şi al circuitului secundar.

Randamentul electric al ciclului termic se exprimă prin relaţia :

$$\eta_e = \eta_t \eta_{oi} \eta_m \eta_g, \tag{4}$$

η_t, η_{oi}, η_m, η_g reprezentînd randamentul termic, randamentul relativ intern, randamentul mecanic şi randamentul generatorului electric.

Pentru mărimea η_p, care a fost introdusă în această lucrare, se poate obţine o expresie de forma :

$$\eta_p = \left(1 - \frac{\Sigma\, Q_{p \cdot r}}{Q_r}\right) \left(1 - \frac{n_1}{1 + n_2} \frac{\Sigma Q_{p \cdot c1}}{Q'_r}\right) \left(1 - \frac{\Sigma\, Q_{p \cdot g \cdot a}}{\frac{1 + n_2}{n_1} Q'_r - \Sigma\, Q_{p \cdot c1}}\right) \cdot \left(\frac{Q_1}{Q_1 + \Sigma\, Q_{p1}}\right), \tag{5}$$

unde

$\Sigma\, Q_{p \cdot r} = Q_c + Q_{p \cdot b} + Q_m$ este suma pierderilor de căldură în mediul exterior prin vasul de presiune al reactorului şi la răcirea protecţiei biologice, kcal/h ;

$\Sigma Q_{p \cdot c1}$ — suma pierderilor de căldură într-un circuit de răcire al reactorului, kcal/h ;

Q'_r — puterea termică a reactorului cedată agentului de răcire, kcal/h ;

n_1 — numărul de circuite de răcire ale reactorului ;

n_2 — raportul dintre cantitatea de căldură cedată mediului de răcire în pompele din primul circuit şi puterea termică cedată mediului de răcire în reactor ;

$\Sigma\, Q_{p \cdot g \cdot a}$ — suma pierderilor de căldură la un generator de abur pentru porţiunile de economizor, vaporizator, supraîncălzitor şi cu purja, kcal/h ;

Q_1 — căldura transmisă la turbină cu aburul, kcal/h ;

ΣQ_{p1} — suma pierderilor de căldură prin convecţie şi prin scurgeri din conductele circuitului secundar, kcal/h.

În expresia randamentului electric (4), randamentul termic se obţine plecînd de la următoarele considerente :

— se consideră constantă repartiţia creşterii de entalpie a apei de alimentare τ, pe treptele de preîncălzire regenerativă ;

— se consideră constantă entalpia de condensaţie a aburului în prizele de înaltă şi joasă presiune (q_i şi q_j) ;

— se ţine seamă de lucrul pompei de alimentare (Δi_p).

Ţinînd seamă de aceste considerente pentru ciclul termic cu supraîncălzirea aburului, ecuaţia randamentului termic are forma :

$$\eta_t = 1 - \frac{\varkappa [\psi (1 - \nabla - \beta) + \beta]\, q_c}{i_0 - (\bar{t}_a + \Delta i_p)}, \tag{6}$$

în care

i_0 este entalpia iniţială a aburului, kcal/kg ;

$\bar{t}_a$ — entalpia apei de alimentare, kcal/kg ;

Δi_p — creşterea entalpiei apei de alimentare datorită lucrului pompei de alimentare, kcal/kg ;

$$q_c = i_c - \bar{t}_c \tag{7}$$

i_c, $\bar{t}_c$ — entalpia aburului în condensator şi a condensatorului, kcal/kg ;

iar

$$\varkappa = (1 - y_j)^{z_j} \tag{8}$$

$$\psi = (1 - y_i)^{z_i} \tag{9}$$

$$\nabla = \frac{\tau}{q_j + \tau} \tag{10}$$

$$\beta = \frac{\tau + \theta}{q_j + \tau} \tag{11}$$

unde

z_j, z_i — reprezintă numărul de trepte de preîncălzire regenerativă de joasă şi înaltă presiune ;

θ — diferenţa dintre temperatura aburului saturat şi a apei de alimentare la ieşire din preîncălzitoarele regenerative ;

$$y_i = \frac{\tau}{q_i}\,; \quad y_j = \frac{\tau}{q_j}\,. \tag{12}$$

În ecuaţiile (8) şi (9), mărimile q_i şi q_j se obţin prin medierea valorilor mărimii q pentru prizele de înaltă şi joasă presiune. Ecuaţia (6) ţine seamă, spre deosebire de ecuaţiile recomandate de alţi autori, şi de lucrul pompei de alimentare, care în special la parametri înalţi şi supraînalţi conduce la o determinare mai corectă a mărimii η_t.

Trebuie remarcat de asemenea că ecuaţia (6) ţine seamă de procesul real de destindere a aburului în turbină.

În cazul cînd se consideră un ciclu termic cu supraîncălzire intermediară a aburului, pentru randamentul termic al ciclului se obţine ecuaţia:

$$\eta_t = 1 - \frac{\varkappa\,[\psi(1 - \nabla - \beta) + \beta]\,q_c}{i_0 + \Delta i_{s \cdot i} - (\bar{t}_a + \Delta i_p)}, \tag{13}$$

în care $\Delta i_{s \cdot i}$ este creşterea entalpiei aburului la supraîncălzirea intermediară, kcal/kg.

În cazul cînd se ia în consideraţie un ciclu termic pentru reactoare GCHWR şi se realizează supraîncălzirea aburului (fig. 8), pentru randamentul termic se obţine o ecuaţie de forma:

$$\eta_t = 1 - \frac{(1+\varepsilon)\varkappa\,[\psi(1-\nabla-\beta)+\beta]\,q_c}{i_0 + \varepsilon i_2 - (1+\varepsilon)(\bar{t}_a + \Delta i_p)}, \tag{14}$$

unde

ε este debitul relativ de abur de joasă presiune la ieşire din vaporizatorul respectiv (vezi ciclul termic din figura 8);

i_2 — entalpia aburului de joasă presiune, kcal/kg.

Pentru ciclul termic cu reactoare GCHWR şi cu supraîncălzire intermediară a aburului (fig. 9), ecuaţia randamentului termic are forma:

$$\eta_t = 1 - \frac{(1+\varepsilon)\varkappa[\psi(1 - \nabla - \beta) + \beta]\,q_c}{i_0 + \varepsilon i_2 + \Delta i_{s \cdot i} - (1+\varepsilon)(\bar{t}_a + \Delta i_p)}. \tag{15}$$

Ecuaţiile pentru randamentul termic al ciclurilor permit analizarea eficacităţii termice a acestor CNE în funcţie de parametrii iniţiali şi finali ai ciclurilor respective şi de temperatura apei de alimentare pentru condiţia $\tau = \text{const.}$

Pentru determinarea valorii optime a randamentului se pune condiţia de optim în expresiile (6), (13), (14), (15):

$$\frac{\partial \eta_t}{\partial \bar{t}_a} = 0 \tag{16}$$

şi se obţin ecuaţiile care permit determinarea mărimii t_a^{opt} pentru $\eta_t = \max$.

În cazul ciclului termic direct, din expresia (6) rezultă:

$$[i_0 + (\bar{t}_a + \Delta i_p)]\frac{\partial \alpha_c}{\partial t_a} - \varkappa\,[\psi\,(1 - \nabla - \beta) + \beta] = 0. \tag{17}$$

În cazul ciclului termic cu supraîncălzire intermediară, din expresia (13) rezultă:

$$[i_0 + \Delta i_{s \cdot i} - (\bar{t}_a + \Delta i_p)]\frac{\partial \alpha_c}{\partial t_a} - \varkappa\,[\psi(1-\nabla-\beta)+\beta] = 0. \tag{18}$$

În cazul ciclului termic pentru reactoare GCHWR, din expresia (14) se obţine:

$$[i_0 + \varepsilon i_2 - (1+\varepsilon)(\bar{t}_a + \Delta i_p)]\frac{\partial \alpha_c}{\partial t_a} - \\ - (1+\varepsilon)\varkappa\,[\psi\,(1 - \nabla - \beta) + \beta] = 0. \tag{19}$$

În cazul ciclului termic cu supraîncălzire intermediară pentru reactoare GCHWR, din expresia (15) rezultă:

$$[i_0 + \varepsilon i_2 + \Delta i_{s \cdot i} - (1+\varepsilon)(\bar{t}_a + \Delta\, i_p)]\frac{\partial \alpha_c}{\partial t_a} - \\ - (1+\varepsilon)\varkappa\,[\psi\,(1 - \nabla - \beta) + \beta] = 0. \tag{20}$$

În ecuaţiile (17), (18), (19) şi (20), mărimea α reprezintă debitul relativ de abur în condensator şi poate fi exprimată în toate cazurile de mai sus prin expresia:

$$\alpha_c = \varkappa\,[\psi\,(1 - \nabla - \beta) + \beta], \tag{21}$$

iar derivata

$$\frac{\partial \alpha_c}{\partial t_a} = \frac{\varkappa}{z\,(q_j + \tau)^2}\,[(g_j - \theta) - \psi\,(2q_j - \theta) - \\ - \frac{z_i\,\varkappa\,(1 - \nabla - \beta)}{z\,q_i}(1 - y_i)^{(z_i - 1)} - \\ - \frac{z_j\,(\beta + \psi - \nabla\,\psi)}{z\,q_j}(1 - y_j)^{(z_j - 1)}, \tag{22}$$

unde $z = z_j + z_i + 1$ este numărul de preîncălzitoare regenerative. Ecuaţiile (17), (18), (19), şi (20) permit determinarea mărimii $\bar{t}_a^{opt}$ şi, respectiv a mărimilor $\varkappa$, ψ, ∇ şi β corespunzătoare, care, introduse în ecuaţiile pentru randamentul termic al ciclurilor, permit determinarea randamentului termic optim.

Pentru explicitarea mărimii K, în cazul reactoarelor SGHWR, PHWR şi BHWR se consideră:

$$K = K_c + K' \tag{23}$$

unde

$K_c = \dfrac{P_c}{P_e}$ este consumul relativ de putere la recircularea mediului de răcire prin reactor;

$K' = \dfrac{P'_{c \cdot i}}{P_e}$ — partea din consumul intern al CNE ce revine pompei de alimentare, pompei de circulaţie a condensatoarelor şi la instalaţii auxiliare.

Mărimea K_c se poate exprima prin relaţia:

$$K_c = \frac{M\,G_{ab}\,\Delta_p}{36{,}72 \cdot 10^4\,\eta_p\bar{\gamma}}\left(\frac{860}{Q_r\,\eta_b}\right), \tag{24}$$

unde

$M = \left(1 + \dfrac{G_a}{G_{ab}}\right)$ este coeficientul de recirculaţie a agentului de răcire în reactor;

G_a — debitul de apă la ieşire din zona activă a reactorului, kg/h;

G_{ab} — debitul de abur la ieşire din reactor, kg/h;

Δ_p — pierderile de presiune în zona activă a reactorului, kg/m²;

η_p — randamentul pompei de circulaţie a reactorului;

$\bar{\gamma}$ — greutatea specifică a apei în pompa de recirculaţie a reactorului, kg/m³;

Q_r — puterea termică a reactorului, kcal/h.

În ecuaţia (24), pentru pierderile de presiune în zona de fierbere se obţine ecuaţia:

$$\Delta_p = \xi_e\frac{H_e}{d}\;\frac{w^2}{2g}\;\bar{\gamma}_e + \\ + \xi_f\frac{w_0^2}{2g}\,\frac{H_f}{d}\,\bar{\gamma}_f\left[1 + \left(1 - \frac{\gamma''}{\gamma'}\right)\frac{w''}{w_0}\right]. \tag{25}$$

În ecuaţia (25), primul termen reprezintă pierderile de presiune ce revin porţiunii de economizor :

H_e, H_f reprezintă porţiunile de economizor şi de fierbere din zona activă, m ;

d — diametrul echivalent al canalelor din zona de fierbere, m ;

$\bar{\gamma}_e, \bar{\gamma}_f$ — densităţile medii ale mediului de răcire pe porţiunea de conomizor şi de fierbere ale canalelor zonei de fierbere, kg/m³ ;

w — viteza mediului de răcire pe porţiunea de economizor, m/s ;

w_0 — viteza mediului de răcire la intrare în porţiunea de fierbere a canalelor, m/s ;

w'' — viteza aburului la ieşire din canalele zonei de fierbere, m/s ;

γ', γ'' — greutatea specifică a apei şi aburului la ieşire din zona de fierbere, kg/m³ ;

ξ_e, ξ_f — coeficienţii de pierderi de presiune pentru porţiunile de economizor şi de fierbere a zonei active.

Notînd în ecuaţia (25) suma $H_e + H_f = H$ şi rapoartele

$$x_e = \frac{H_e}{H}\ ;\ x_f = \frac{H_f}{H},\ \text{unde}\ x_e + x_f = 1, \tag{26}$$

şi introducînd în ecuaţia (24) expresia mărimii Δp, se obţine :

$$K_c = \frac{M\,d_e}{36{,}72\cdot 10^4\,\eta_p\bar{\gamma}}\left(\frac{H}{2gd}\right)\left\{\xi_e\,w^2\,x_e\,\bar{\gamma}_e + \right.$$
$$\left. + \xi_f\,w_0^2\,x_f\,\bar{\gamma}_f\left[1 + \left(1 - \frac{\gamma''}{\gamma'}\right)\frac{w''}{w_0}\right]\right\}. \tag{27}$$

În ecuaţia (27), mărimea d_e reprezintă consumul specific de abur la producerea de energie electrică în CNE şi depinde de parametrii iniţiali şi finali ai ciclului termic. Mărimile X_e, X_f, $\bar{\gamma}_e$, $\bar{\gamma}_f$, w_0 şi w'' sînt funcţie de regimul de funcţionare a reactorului şi mai ales de diferenţa dintre temperatura de saturaţie a apei în reactor şi temperatura apei la intrare în zona activă. Pentru o putere termică a reactorului dată, coeficientul de recirculaţie M determină în mare măsură valoarea lui K_c.

Consumul relativ de putere K' poate fi exprimat prin ecuaţia :

$$K' = x + \frac{d_e}{36{,}72\cdot 10^4}\left[\frac{p_0}{\eta_{p\cdot a}\,\bar{\gamma}_a} + \frac{n^*\,\alpha_c\,\Delta p_{a\cdot r}}{\eta_{p\cdot c}\,\bar{\gamma}_{a\cdot r}}\right], \tag{28}$$

unde

p_0 este presiunea iniţială a aburului în ciclul termic, kg/m² ;

$\eta_{p\cdot a}, \eta_{p\cdot c}$ — randamentele pompelor de alimentare şi de circulaţie a condensatoarelor ;

$\bar{\gamma}_a, \bar{\gamma}_{a\cdot r}$ — greutatea specifică a apei în pompa de alimentare şi a apei de răcire a condensatoarelor, kg/m³ ;

x — consumul relativ de putere în instalaţiile auxiliare ale CNE ;

n^* — factorul de recirculaţie al condensatoarelor ;

α_c — debitul relativ de abur în condensator ;

$\Delta p_{a\cdot r}$ — pierderile de presiune pe traseul apei de răcire a condensatoarelor, kg/m².

Consumul relativ intern de putere la CNE cu reactor BHWR sau SGHWR, ţinînd seamă de ecuaţiile (23), (27) şi (28), se exprimă prin relaţia :

$$K = x + \frac{d_e}{36{,}72\cdot 10^4}\left\{\frac{MH}{2\,gd\,\eta_p\,\bar{\gamma}}\left[\xi_e\,w^2\,x_e\,\bar{\gamma}_e + \right.\right.$$
$$\left. + \xi_f\,w_0^2\,x_f\,\bar{\gamma}_f\left[1 + \left(1 - \frac{\gamma''}{\gamma'}\right)\frac{w''}{w_0}\right]\right] + \tag{29}$$
$$\left. + \frac{p_0}{\eta_{p\cdot a}\,\bar{\gamma}} + \frac{n^*\,\alpha_c\,\Delta p_{a\cdot r}}{\eta_{p\cdot c}\,\bar{\gamma}_{a\cdot r}}\right\}.$$

Ecuaţia (29) permite studierea influenţei elementelor componente ale consumului intern asupra randamentului net al CNE.

În ecuaţia (29), în cazul cînd reactorul funcţionează la parametri înalţi şi supraînalţi, în casetele zonei active coeficientul de alunecare a fazei gazoase faţă de faza lichidă este egal cu unitatea şi se poate considera :

$$w = w_0 = w''.$$

În ecuaţia (29), pentru casete de reactor fierbător, coeficienţii de pierderi de presiune pe porţiunile de economizor şi de fierbere a casetelor se exprimă astfel :

$$\xi_e = \frac{0{,}316}{\mathrm{Re}^{0,25}} \tag{30}$$

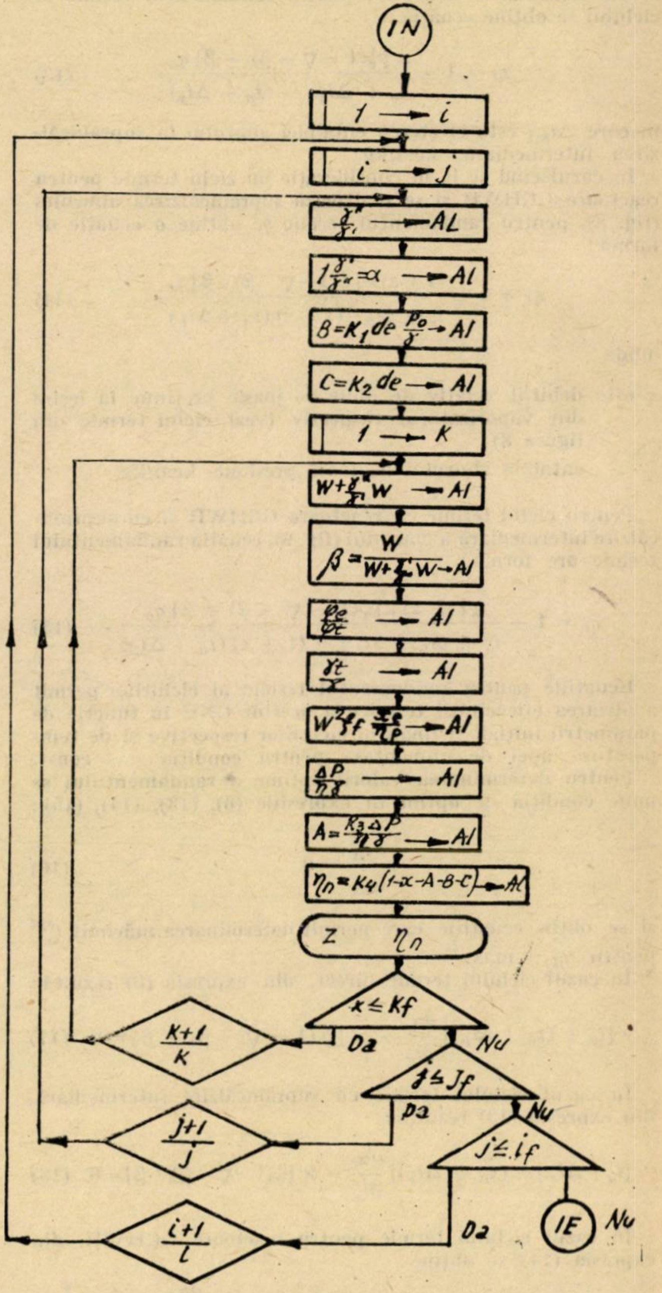


Fig. 15. Schema logică de calcul pe calculatorul cifric CIFA—102 a randamentului net al CNE cu reactor fierbător moderat cu apă grea şi cu supraîncălzire nucleară a aburului.

$$\xi_f = \xi_e\left[1 + \left(1 - \frac{\gamma''}{\gamma'}\right)\frac{w''}{w_0 + \frac{\gamma''}{\gamma'}w_0}\right], \tag{31}$$

în care Re reprezintă criteriul Reynolds.

Mărimea $\bar{\gamma}_f$ pe porțiunea de fierbere a casetelor, avînd în vedere prezența mediului de răcire în două faze, este dată de relația:

$$\bar{\gamma}_f = \gamma' - \bar{\varphi}(\gamma' - \gamma''), \qquad (32)$$

unde

γ', γ'' sînt greutățile specifice a fazei lichide și gazoase medii pe lungimea porțiunii de fierbere a casetelor, kg/m^3;
$\bar{\varphi}$ — conținutul de vapori mediu pe înălțimea porțiunii de fierbere a casetelor.

Mărimea $\bar{\varphi}$ se poate obține cunoscînd repartiția conținutului de vapori pe lungimea canalelor reactorului.

În lucrare s-a studiat influența temperaturii apei de alimentare și a factorului de recirculație al reactorului fierbător cu supraîncălzire nucleară a aburului asupra randamentului net al CNE. Calculele au fost programate pe calculatorul cifric CIFA—102. Schema logică de calcul este dată în figura 15.

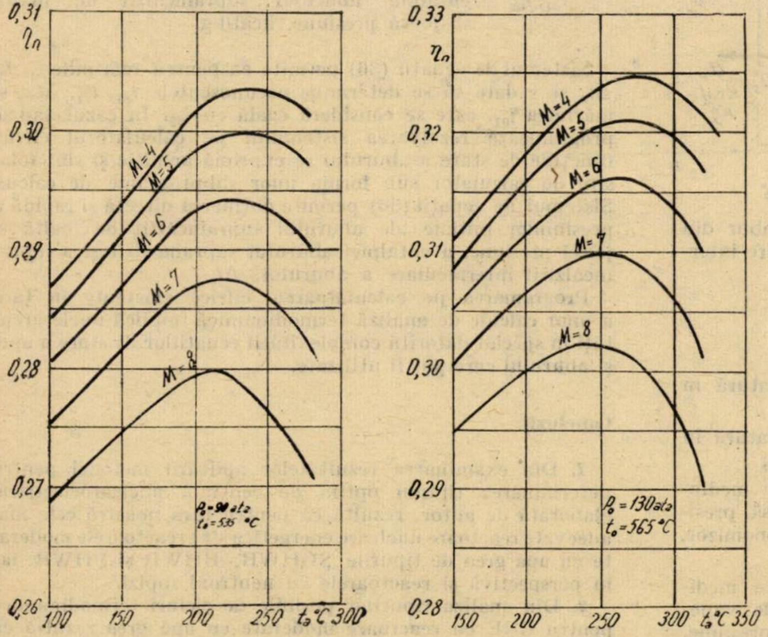


Fig. 16. Variația randamentului net al CNE cu reactor fierbător moderat cu apă grea și cu supraîncălzire nucleară a aburului în funcție de temperatura apei de alimentare și factorul de recirculație al reactorului:

a) p_0 = 90 ata; t_0 = 535°C; b) p_0 = 130 ata; t_0 = 565°C.

S-au considerat dați parametrii ciclului termic și variația mărimilor η_t și $\bar{\gamma}$ în funcție de temperatura apei de alimentare. S-a introdus în memoria mașinii variația mărimilor w, x_e, x_f și $\bar{\varphi}$ în funcție de coeficientul de recirculație al reactorului.

Greutatea specifică a apei și aburului, precum și coeficientul de viscozitate cinematică a apei au fost introduse în memoria mașinii în funcție de presiunea medie a mediului de răcire în zona de fierbere.

Rezultatele calculului randamentului net sînt prezentate în figura 16 *a*, *b*.

Curbele din figura 16 *a* sînt calculate pentru un număr de trepte de preîncălzire regenerativă $z = 5$, iar cele din figura 16 *b* pentru $z = 7$.

Valorile maxime ale randamentului net determină o valoare corespunzătoare a temperaturii apei de alimentare. Cu creșterea mărimii *M*, randamentul net are valori maxime pentru temperaturi ale apei de alimentare mai scăzute. Din figurile 16 *a*, *b* rezultă de asemenea evident faptul că, în cazul optimizării parametrilor CNE cu reactoare fierbătoare SGHWR și BHWR, pe lîngă optimizarea temperaturii apei de alimentare, trebuie optimizat și coeficientul de recirculație al reactorului.

În urma aplicării expresiilor randamentului termic la cicluri cu reactoare HWGCR cu supraîncălzire intermediară a aburului au fost obținute curbele de variație a randamentului termic $\eta_t = f(t_a)$, date în figura 17.

Curbele din figura 17 au fost obținute pentru temperaturi ale mediului de răcire la intrare în reactor t_2 = 245°C, la ieșire t_1 = 410°C și la temperatura de supraîncălzire intermediară a aburului $t_{s \cdot i}$ = 395°C.

Pe baza acestor date, în funcție de numărul de preîncălzitoare regenerative, se pot obține temperaturile optime ale apei de alimentare. Pentru ilustrare, în figura 18 se dau curbele de variație a mărimii q în funcție de t_a. Se observă că presiunea aburului la intrare în turbină influențează mult valorile mărimii q.

Analiza termodinamică a șase tipuri de cicluri pentru CNE cu reactoare HWGCR a dus la concluzia că, dintre toate aceste tipuri de cicluri, ciclul cu supraîncălzire intermediară a aburului (fig. 9) permite obținerea celui mai ridicat randa-

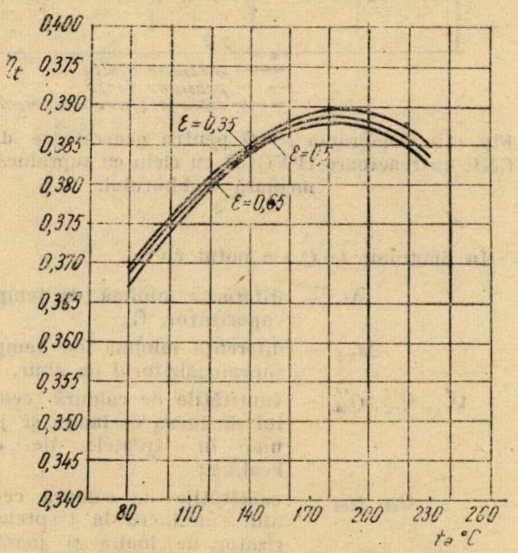
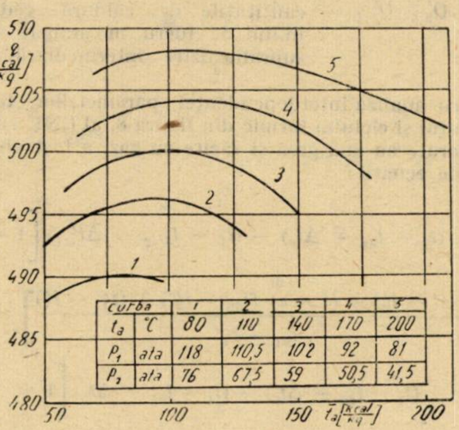


Fig. 17. Variația randamentului termic al ciclului CNE cu reactoare HWGCR și cu supraîncălzire intermediară a aburului în funcție de temperatura apei de alimentare.



curba		1	2	3	4	5
t_a	°C	80	110	140	170	200
p_1	ata	118	110,5	102	92	81
p_2	ata	76	67,5	59	50,5	41,5

Fig. 18. Variația mărimii q în funcție de t_a pentru ciclul termodinamic cu supraîncălzire intermediară a aburului la CNE cu reactoare de tip HWGCR.

ment la aceeaşi temperatură a gazului la ieşire din reactor şi pentru aceeaşi diferenţă de temperatură în reactor.

Pentru ilustrare, în fig. 19 se prezintă procesele termice din generatorul de abur cu supraîncălzire intermediară a aburului în diagrama $t-Q$.

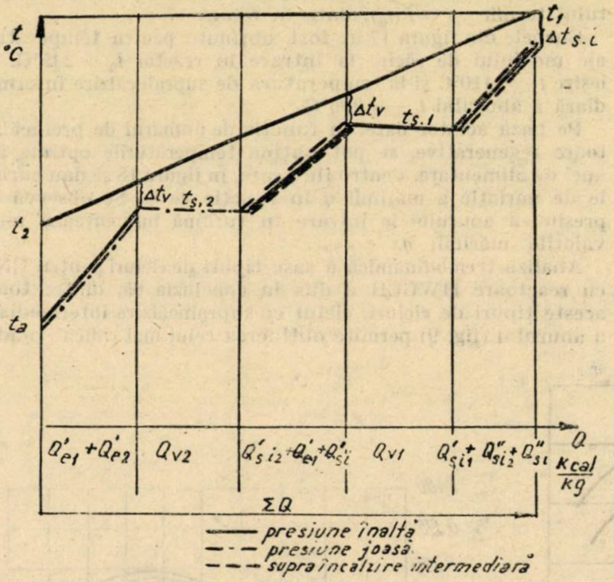


Fig. 19. Diagrama $t-Q$ pentru generatoare de abur din CNE cu reactoare HWGCR cu ciclu cu supraîncălzire intermediară a aburului.

În diagrama $t-Q$ s-a notat cu:

Δt_v — diferenţa minimă de temperatură în vaporizator, °C;

$\Delta t_{s\cdot i}$ — diferenţa minimă de temperatură în supraîncălzitorul de abur, °C;

$Q'_{e1}, Q''_{e2}, Q''_{e1}$ — cantităţile de căldură cedate mediului de lucru de înaltă şi joasă presiune în treptele de economizor, kcal/kg;

Q_{v1}, Q_{v2} — cantităţile de căldură cedate mediului de lucru în treptele de vaporizator de înaltă şi joasă presiune, kcal/kg;

$Q'_{s.i2}, Q''_{s.i2}, Q''_{s.i1}$ — cantităţile de căldură cedate mediului de lucru în treptele de supraîncălzire de înaltă şi joasă presiune, kcal/kg;

$Q'_{s.i}, Q''_{s.i}$ — cantităţile de căldură cedate mediului de lucru în ambele trepte de supraîncălzire intermediară, kcal/kg.

Pentru analiza interdependenţei parametrilor termici ai reactorului şi ciclului termic din figura 8, al CNE cu reactoare moderate cu apă grea şi răcite cu gaz, a fost obţinut sistemul de ecuaţii:

$$(t_1 - t_{s1} - \Delta t_v) - (t_1 - t_{s\cdot i2} - \Delta t'_{s\cdot i}) \Bigg[1 + \frac{\varepsilon\,(i_2'' - i_2') + (1+\varepsilon)\,(i_{02} - i_2'') + (i_1'' - i_1')}{i_{01} - i_1''} \Bigg] = 0 \qquad (33)$$

$$(t_1 - t_{s2} - \Delta t_v) - (t_1 - t_{s1} - \Delta t_v) \Bigg[1 + \frac{i_1' - \bar t_a}{\varepsilon\,(i_2'' - i_2') + (1+\varepsilon)\,(i_{02} - i_2'') + (i_{01} - i_1')} \Bigg] = 0 \qquad (34)$$

$$(\Delta t_r + \Delta t_s - \Delta t_{c1}) - (t_1 - t_{s2} - \Delta t_r) \Bigg[1 + \frac{\varepsilon(i_2' - \bar t_a)}{\varepsilon(i_2'' - i_2') + (1+\varepsilon)\,(i_{02} - i_2'') + (i_{01} - i_1')} \Bigg] = 0 \qquad (35)$$

$$(\Delta t_r + \Delta t_s - \Delta t_{c1}) - (t_1 - t_{s\cdot i2} - \Delta t'_{s\cdot i}) \Bigg[1 + \frac{\varepsilon\,(i_2'' - \bar t_a) + (1+\varepsilon)\,(i_{02} - i_2'') + (i_1'' - \bar t_a)}{i_{01} - i_1''} \Bigg] = 0 \qquad (36)$$

în care

Δt_{c1} este creşterea temperaturii gazului în circuitul primar datorită preîncălzirii acestuia prin compresiune în suflantă, °C;

t_{s1}, t_{s2} — temperatura de saturaţie a aburului de înaltă şi joasă presiune, °C;

i_1', i_2', i_1'', i_2'' — entalpia apei şi aburului saturat de înaltă şi joasă presiune, kcal/kg;

i_{01}, i_{02} — entalpia aburului supraîncălzit de înaltă şi joasă presiune, kcal/kg.

Sistemul de ecuaţii (36) permite ca pentru mărimile t_1, t_2, Δt_v şi ε date să se determine necunoscutele t_{s1}, t_{s2}, $\Delta t_{s\cdot i}$ şi mărimea i_{01}, care se consideră egală cu i_{02}. În cazul cînd se programează rezolvarea sistemului pe calculatorul cifric, funcţiile de stare a aburului se exprimă analitic şi sînt folosite de calculator sub forma unor subprograme de calcul. Sistemul de ecuaţii (36) permite obţinerea directă şi rapidă a presiunilor iniţiale ale aburului supraîncălzit de înaltă şi joasă presiune, a entalpiei aburului supraîncălzit şi a supraîncălzirii intermediare a aburului, $\Delta t_{s\cdot i}$.

Programarea pe calculatoarele cifrice existente în ţară a unor calcule de analiză termodinamică implică unele greutăţi în special datorită complexităţii ecuaţiilor de stare a apei şi aburului care pot fi utilizate.

Concluzii

1. Din examinarea rezultatelor aplicării metodei pentru determinarea tipului optim de centrală nuclearoelectrică, elaborată de autor, rezultă că pentru ţara noastră cele mai adecvate reactoare nucleare energetice sînt reactoarele moderate cu apă grea de tipurile SGHWR, BHWR şi PHWR, iar în perspectivă şi reactoarele cu neutroni rapizi.

2. Din analiza tipurilor posibile de cicluri termodinamice pentru CNE cu reactoare moderate cu apă grea rezultă că pentru ţara noastră, în cazul adoptării reactoarelor moderate cu D_2O, prezintă interes următoarele cicluri termice:

— pentru reactorul fierbător moderat cu apă grea şi răcit cu apă, ciclul termic direct;

— pentru reactorul cu apă grea sub presiune şi pentru reactorul BHWR, ciclul indirect cu abur saturat.

Bibliografie

[1] Haiduc, C. *Consideraţii privind determinarea tipului optim de centrală electronucleară pentru condiţiile Republicii Socialiste România.* Studii şi cercetări de energetică şi electrotehnică, tom 16, nr. 2, 1966.
[2] Haiduc, C. *Metodika opredeleniia optimalnovo tipa atomnoi elektrostantii.* Revue Roumaine des Sciences Techniques, Serie Electrotechnique et Energetique, nr. 3, 1966.
[3] Haiduc, C. *Metoda de determinare a tipului optim de centrală electronucleară.* Memoriu la Institutul de energetică al Academiei R.S.R., 1966.
[4] Frewer, H. *Strukturwandel in der Electrizitätswirtschaft durch den Einsatz von Kernkraftwerken.* Siemens – Zeitschrift, 40 Jahrgang, März. Heft 3, 1966.
[5] Pon, G. A. ş.a. *Génératrices nucléaires futures à moderateur d'eau lourde.* A treia Conferinţă internaţională pentru utilizarea energiei atomice în scopuri paşnice. Geneva, 1964, ref. 28/P/10.
[6] Woodhead, L. W. şi Brown, W. M. *Performances and problems of NPD.* A treia Conferinţă internaţională pentru utilizarea energiei atomice în scopuri paşnice. Geneva, 1964, ref. 28/P/8.
[7] Wilson, I. L., Beynon, C. E. *Etudes des réacteurs du type CANDU à l'échelle de 500 MW (e).* A treia Conferinţă internaţională pentru utilizarea energiei atomice în scopuri paşnice. Geneva, 1964, ref. 28/P/6.
[8] Zettergren, L. şi Pershagen, B. *Aspects physiques et économiques des cycles de combustible dans les réacteurs à eau lourde.* A treia Conferinţă internaţională pentru utilizarea energiei atomice în scopuri paşnice. Geneva, 1964, ref. 28/P/417.

[9] Hanner, K. *An evaluation of some heavy water moderated power reactor concepts*. ASEA Research nr. 7, Vasteras – Sweden, 1962.

[10] *** *300 MWe Kernkraftwerk mit Siemens Druckröhrenreaktor CO_2 – gekühlt, D_2O – moderiert*. Studie, Mai 1964. Siemens.

[11] Bailly du Bois, B. ş.a. *Filière eau lourde – gaz*. A treia Conferinţă internaţională pentru utilizarea energiei atomice în scopuri paşnice. Geneva, 1964, ref. 28/P/39.

[12] Hulovec, J. ş.a. *Development and construction problems of the first czechoslovak nuclear power station*. A treia Conferinţă internaţională pentru utilizarea enrgiei atomice în scopuri paşnice. Geneva, 1964, ref. 28/P/1523.

[13] Haiduc, C. *Centrale atomoelectrice combinate şi eficacitatea lor termică*. Studii şi cercetări de energetică, seria B, tom XII, nr. 4, 1962.

[14] Haiduc, C. *Determinarea temperaturii optime de preîncălzire regenerativă a apei de alimentare la centralele atomoelectrice combinate*. Studii şi cercetări de energetică, seria B, tom XIII, nr. 2, 1963.

[15] Haiduc, C. *Issledovanie teplovoi ekonomicinosti i vibor optimalnîh parametrov kombinirovannîh atomnîh elektrostanţii s reaktorami VVER*. Disertaţie pentru titlul de doctor, Moscova, 1964.

[16] Haiduc, C. *Metodika opredeleniia optimalnîh parametrov parogheneratorov kombinirovannîh AES s reaktorami VVER*. Revue Roumaine des Sciences Techniques, Serie Electrotechnique et Energetique, tom 9, nr. 3, 1964.

[17] Noviok, M., Rice, R. E. ş.a. *Developments in nuclear superheat*. A treia Conferinţă internaţională pentru utilizarea energiei atomice în scopuri paşnice. Geneva, 1964, ref. 28/P/215.

[18] Haiduc, C. *Analiza eficacităţii termice a centralelor electronucleare cu reactoare fierbătoare şi supraîncălzire nucleară a aburului*. Memoriu la Institutul de energetică al Academiei R.S.R.

(Articol intrat în redacţie la 30 ianuarie 1967)

Studiul comportării sistemului de reglare a tensiunii la un hidrogenerator

Ing. **S. Ionescu**, ing. **B. Ungureanu**, ing. **A. Nica**,
ing. **A. Seliski** şi ing. **O. Gheorghe** *)

Dezvoltarea rapidă a sistemului energetic naţional şi introducerea echipamentelor moderne, în special a grupurilor de mare putere, pune probleme deosebite în ceea ce priveşte sporirea siguranţei în exploatare, în particular sub aspectul funcţionării stabile (static şi dinamic) a sistemului.

O dată cu mărirea puterii grupurilor, reactanţele generatoarelor cresc, provocînd o înrăutăţire a condiţiilor de stabilitate, prin scăderea limitei ideale a puterii generate.

Efectul creşterii reactanţelor poate fi compensat prin introducerea unor sisteme rapide de reglare a tensiunii, care să intervină determinant în procesele tranzitorii din sistem.

Totodată creşterea puterii necesare pentru excitarea grupurilor impune înlocuirea excitatoarelor de curent continuu cu sisteme de excitaţie de curent alternativ cu redresoare, caracterizate prin constante de timp foarte mici.

Studiul complet al funcţionării în regim tranzitoriu a grupurilor de puteri unitare mari, conectate la sistemul energetic, se poate face numai cu ajutorul calculatoarelor electronice. Pentru a valorifica posibilităţile acestor calculatoare, este necesară o reexaminare a metodelor clasice şi perfecţionarea continuă a modelelor matematice care descriu funcţionarea sistemelor energetice în regim tranzitoriu, ţinînd seamă şi de influenţa sistemelor de reglare automată a tensiunii. Aplicarea acestor modele perfecţionate necesită cunoaşterea şi utilizarea unui număr mare de date, care să fie determinate cu o precizie corespunzătoare.

Actualitatea preocupărilor privind performanţele şi parametrii sistemelor de reglare automată a tensiunii este evidenţiată şi de rapoartele elaborate la recomandarea Comitetului de studii nr. 13 CIGRE (Concepţia şi funcţionarea reţelelor) [1], [2], [3], [4].

În cadrul acestor preocupări, ISPE a iniţiat efectuarea unor măsurători la grupuri din sistemul energetic naţional în vederea determinării mărimilor de răspuns ale sistemelor de reglare a tensiunii.

Primele măsurători au fost efectuate la CHE „Gh. Gheorghiu-Dej" de pe rîul Argeş, în mai 1967, în colaborare cu catedra de centrale electrice din Institutul politehnic „Gh. Gheorghiu-Dej", cu participarea unor specialişti de la Direcţia sistemului energetic (DSE) şi CHE Argeş *).

★

În cele ce urmează sînt prezentate atît rezultatele măsurătorilor efectuate cît şi modelul realizat pe un calculator analogic pentru stabilirea parametrilor funcţiei de transfer a sistemului de reglare.

1. Descrierea probelor

Probele privind comportarea sistemului de reglare a tensiunii în regim tranzitoriu au fost efectuate asupra unui grup hidrogenerator, avînd următoarele caracteristici principale :

$P_n = 55000$ kW
$\cos \varphi_n = 0{,}9$
$U_n = 10{,}5$ kV
$n_n = 428{,}6$ rot/min

Sistemul de reglare a tensiunii comportă o excitatoare de curent continuu şi un regulator de tensiune tip MRN—G 101, cu amplificatoare magnetice alimentate de la un generator auxiliar (500 Hz).

---

*) S. Ionescu, B. Ungureanu, A. Nica şi O. Gheorghe sînt ingineri la Institutul de studii şi proiectări energetice; A. Seliski este asistent la Institutul politehnic „Gh. Gheorghiu-Dej" — Bucureşti.

*) Ing. A. Mihailovici şi personalul Serv. PRAM (CHE Argeş), ing. D. Tamaş şi tehn. Gh. Vătămanu (Institutul politehnic „Gh. Gheorghiu-Dej"), ing. A. Itoafă şi ing. Gh. Vereş (DSE).

Schema de principiu a sistemului de excitaţie este dată în figura 1. Valorile nominale ale mărimilor caracteristice din circuitul de excitaţie al generatorului sînt :

$$U_{en} = 220 \text{ V}$$

$$I_{en} = 955 \text{ A}$$

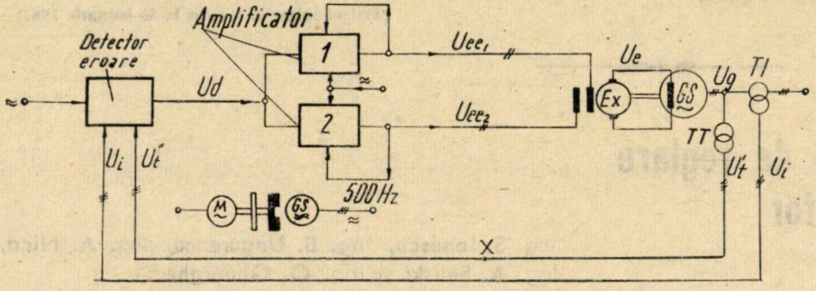


Fig. 1. Schema de principiu a sistemului de excitaţie.

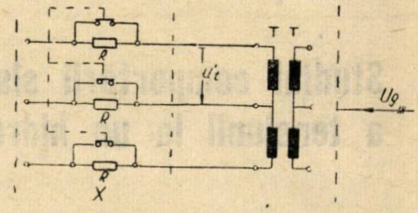


Fig. 2. Schema de detaliu.

Sistemul de excitaţie a fost testat prin două tipuri de probe [1] :

1. Perturbaţie de amplitudine mare (10%) în următoarele situaţii :
   - 1.a. generatorul funcţionează în gol (necuplat la reţea) ;
   - 1.b. generatorul este cuplat la reţea, fără să debiteze iniţial puterea activă sau reactivă ;
   - 1.c. generatorul este cuplat la reţea şi debitează iniţial putere reactivă.
2. Perturbaţie de mică amplitudine (2%) în situaţiile :
   - 2.a. generatorul funcţionează în gol (necuplat la reţea) ;
   - 2.b. generatorul este cuplat la reţea, fără să debiteze iniţial putere activă sau reactivă.

La probele 1 a şi 1 b, perturbaţia a fost realizată prin conectarea bruscă a unei rezistenţe R pe fiecare fază (punctul X din figura 1 şi schema de detaliu din figura 2). Valorile rezistenţelor au fost astfel alese încît să rezulte o variaţie de 10% a tensiunii u_i'', faţă de valoarea acestei tensiuni în regimul iniţial neperturbat :

$$\frac{u_i''(0_+) - u_i''(0_-)}{u_i''(0_-)} = 0{,}1.$$

La introducerea rezistenţelor se produce un salt negativ al tensiunii u_i'', la intrarea detectorului de eroare. Datorită acţiunii regulatorului, tensiunea la bornele generatorului (u_g) creşte pînă la o valoare căreia îi corespunde o tensiune $u_i''(\infty) \cong u_i''(0_-) = u_i'(0_-)$.

Acest mod de aplicare a perturbaţiei este asemănătoar celui folosit într-o probă similară [5] şi are ca avantaj principal simplitatea. Variaţiile mărimilor din sistemul de excitaţie, după introducerea unei perturbaţii de acest tip, sînt apropiate de cele obţinute prin aplicarea perturbaţiei la mărimea de consemn a detectorului de eroare, pentru valori ale perturbaţiei de ordinul de mărime considerat la probele efectuate.

Nu s-au făcut măsurători prin deschiderea circuitului de reglare, în sensul propus în lucrarea [6], pentru a se evita apariţia unor variaţii prea mari ale mărimilor din circuitul de excitaţie.

La probele 2 a şi 2 b, perturbaţia a fost de acelaşi tip, dar rezistenţele R au fost stabilite pentru a se obţine o variaţie a tensiunii u_i'' de 2%.

La proba 1. c, perturbaţia a fost realizată prin deconectarea generatorului de la bare, el fiind iniţial încărcat cu puterea reactivă de 20 MVar ($\sim 0{,}75 . Qn$).

În cazul perturbaţiilor de amplitudine mare (10%), abaterile mărimilor în regim tranzitoriu faţă de valorile acestora în regimul iniţial neperturbat rezultă suficient de mari pe înregistrările oscilografice pentru a fi posibilă o prelucrare precisă a acestora. Dacă abaterile mărimilor sînt mici (2%), înregistrările directe nu permit interpretarea rezultatelor cu precizia necesară. De aceea, pentru înregistrarea variaţiei în regim tranzitoriu a mărimilor invariabile în regim permanent, a fost folosit un montaj diferenţial care suprimă componenta continuă iniţială şi amplifică abaterea rezultată. Montajul (fig. 3) a fost realizat cu

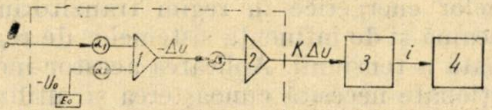


Fig. 3 :

1 – amplificator operaţional-sumator ; *2* – amplificator operaţional-inversor ; *3* – bloc de adaptare ; *4* – oscilograf cu bucle.

ajutorul unui mic calculator analogic portabil, cu performanţe medii : 9 amplificatoare operaţionale (100V/5mA), 5 potenţiometre, 3 surse de tensiune reglabilă.

Elementele schemei din figura 3 au următoarele funcții :

Sumatorul 1 suprimă componenta continuă a tensiunii de înregistrat : $\Delta u = u - U_0$.

Potențiometrul α_1 reglează scara mărimii de intrare, în cazul cînd aceasta depășește valoarea de 100 V.

Potențiometrul α_2 reglează tensiunea de compensare a componentei continue în regim permanent.

Inversorul 2 realizează multiplicarea tensiunii Δu, cu factorul constant K.

Potențiometrul α_3 reglează factorul de multiplicare K la valoarea necesară.

Adaptorul 3 constă dintr-o rezistență reglabilă, cu ajutorul căreia se stabilește valoarea maximă a curentului, în funcție de tipul buclei (curentul maxim debitat de amplificatorul operațional fiind de 5 mA, se pot utiliza bucle de 1, 2 sau 5 mA).

2. Prezentarea rezultatelor

În figurile 4 și 5 sînt date oscilograme reprezentative obținute pentru o probă de tip 1 a (perturbație 10%) și o probă de tip 2 a (perturbație 2 %).

Curbele reprezentînd variația tensiunii de excitație în cele două situații sînt absolut asemănătoare, indicînd faptul că sistemul se comportă liniar și la perturbații de 10%. Acest rezultat este explicabil dacă se ține seamă că la funcționarea generatorului în gol, cu tensiune nominală la borne, tensiunea de excitație necesară este de numai 110 V, față de valoarea nominală de 220 V. Deși în timpul regimului tranzitoriu tensiunea de excitație a ajuns la o valoare maximă de 242 V (2,2×110V), ea a rămas mult inferioară tensiunii de plafon (550 V).

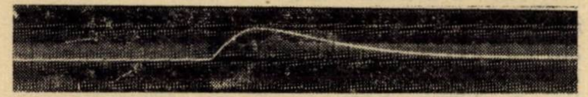


Fig. 4. Oscilogramă pentru o probă de tip 1.a. :

1 – tensiunea la bornele generatorului u_t' ; *2* – tensiunea aplicată regulatorului u_t'' ; *3* – tensiunea de excitație a generatorului u_e ; *4* – tensiunea de excitație a excitatoarei u_{ee}.

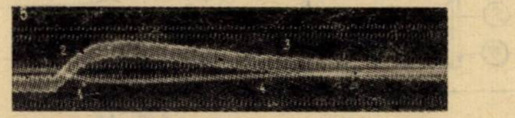


Fig. 5. Oscilogramă pentru o probă de tip 2.a :

1 – tensiunea la bornele generatorului u_t' ; *2* – tensiunea aplicată regulatorului u_t'' ; *3* – tensiunea de excitație u_e înregistrată prin intermediul montajului diferențial ; *4* – tensiunea de excitație u_e înregistrată direct.

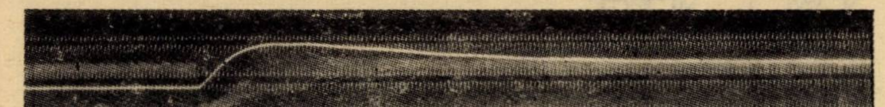


Fig. 6. Oscilogramă pentru o probă de tip 1.b :

1 – tensiunea la bornele generatorului u_t' ; *2* – tensiunea aplicată regulatorului u_t'' ; *3* – tensiunea de excitație a generatorului u_e ; *4* – tensiunea de excitație a excitatoarei u_{ee}.

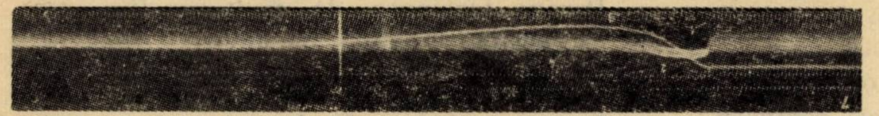


Fig. 7. Oscilogramă pentru o probă tip 1.c :

1 – tensiunea la bornele generatorului u_t' ; *2* – tensiunea aplicată regulatorului u_t'' ; *3* – tensiunea de excitație a generatorului u_e ; *4* – tensiunea de excitație a excitatoarei u_{ee}.

În figurile 6 și 7 sînt prezentate oscilograme obținute pentru o probă de tip 1 b și, respectiv, 1 c (perturbație 10%).

La proba 1 a au fost măsurate valorile tensiunilor date în tabela 1.

Tabela 1

Mărimea	Unitatea de măsură	Inainte de perturbație $t = 0_-$	Imediat după perturbație $t = 0_+$	Final $t = \infty$
U_g	kV u.r.	10,5 1	10,5 1	11,4 1,09
U_t'	V u.r.	105 1	105 1	114 1,09
U_t''	V u.r.	105 1	95,5 0,91	105 1
U_e	V u.r.	110 1	110 1	130 1,18
U_{ee}	V u.r.	9 1	9 1	10 1,11

Durata procesului tranzitoriu este de circa 1,6 s. După 0,3 s tensiunea de excitație își atinge valoarea maximă de 242 V (2,2 u.r.).

Din prelucrarea oscilogramei corespunzătoare (fig. 4) s-au obținut următoarele valori :

— timpul de întîrziere :

$$T_a = 0{,}02 \text{ s}$$

— viteza maximă de variație a tensiunii de excitație, raportată la tensiunea nominală de excitație ($U_{en} = 220$ V) :

$$\frac{1}{U_{en}} \cdot \left(\frac{dU_e}{dt}\right)_{max} = 3{,}3 \text{ s}^{-1}.$$

3. Determinarea parametrilor funcției de transfer echivalente cu ajutorul unui calculator analogic

Deoarece comportarea sistemului de reglare a tensiunii a rezultat liniară în toate probele efectuate, s-a putut defini o funcție de transfer echivalentă a regulatorului şi excitatoarei, pentru care s-a considerat expresia recomandată în [1] :

$$F_r(s) = \frac{K_r}{(T_{r1}s + 1)(T_{r2}s + 1)}\left(1 + \frac{1}{T_i s}\right).$$

Funcţia de transfer pentru generatorul în gol este :

$$F_r(s) = \frac{1}{T_{d0}s + 1}.$$

Schema-bloc a sistemului de reglare a tensiunii cu generatorul în gol este dată în figura 8.

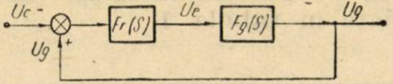


Fig. 8. Schema-bloc a sistemului de reglare a tensiunii.

În figura 9 este dată schema-bloc dezvoltată a sistemului de reglare, în care au fost explicitate atît elementele componente ale sistemului, cît şi mărimile corespunzătoare.

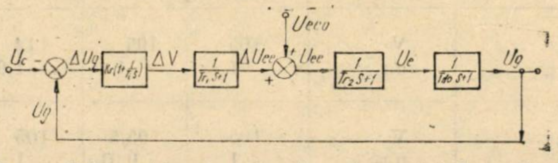


Fig. 9. Schema-bloc dezvoltată a sistemului de reglare a tensiunii.

Modelul analogic al schemei din figura 9 este dat în figura 10. Pentru a putea studia diferite moduri de aplicare a perturbaţiei, cît şi pentru a păstra cît mai fidel corespondenţa cu sistemul fizic, au fost modelate mărimile reale, nu numai abaterile lor faţă de valorile de regim staţionar (soluţia uzuală).

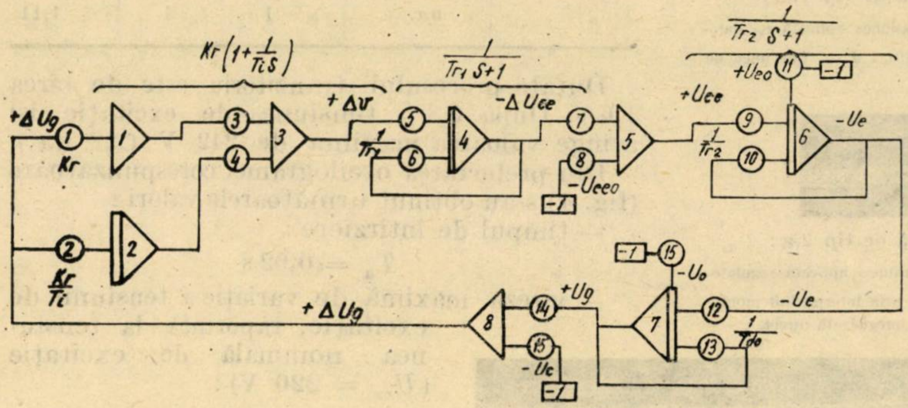


Fig. 10. Schema-bloc a modelului analogic.

Perturbaţia a fost aplicată în două moduri :

a) prin modificarea în salt a valorii coeficientului 14, în concordanţă cu modul de aplicare a perturbaţiei la probele efectuate pe grupul real ;

b) prin modificarea în salt a valorii coeficientului 15, ceea ce corespunde unei variaţii în salt a mărimii de consemn a regulatorului.

Identitatea răspunsurilor obţinute în cele două cazuri oferă o bună justificare a ipotezei enunţate la paragraful 1 în privinţa modului de aplicare a perturbaţiei.

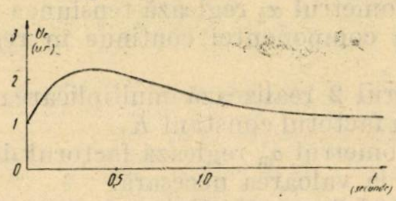


Fig. 11

Valorile constantelor de timp şi a factorului de amplificare pentru funcţia de transfer echivalentă $F_r(s)$ a regulatorului şi excitaţiei au fost determinate printr-un studiu parametric efectuat pe calculatorul analogic, folosindu-se drept criteriu identitatea dintre răspunsurile tranzitorii ale instalaţiei reale şi ale modelului analogic.

După cîteva iteraţii au fost obţinute curbele din figurile 11, 12 şi 13, care sînt în bună concordanţă cu curbele experimentale din figura 4. Valorile parametrilor funcţiei de transfer echivalente $F_r(s)$, care corespund acestor înregistrări, sînt următoarele :

K_r = 14
T_{r1} = 0,01 S
T_{r2} = 0,15 S
T_i = 1,25 S
(Pentru grupul studiat : T_{d0} = 6 S)

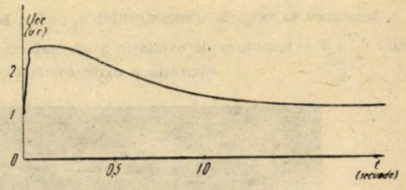


Fig. 12

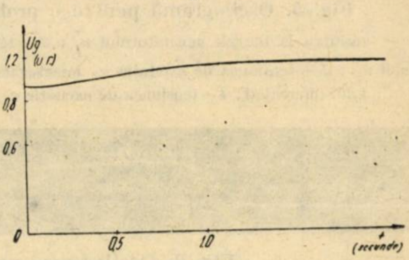


Fig. 13

Din analiza curbelor înregistrate la calculatorul analogic au rezultat următoarele valori :

Pentru tensiunea de excitaţie (fig. 11) :

— valoarea maximă 2,2 u.r.

— timpul de întîrziere 0,02 s.

— viteza maximă de variaţie 3,2 s^{-1}.

Pentru tensiunea la bornele generatorului (fig. 13) :

— valoarea finală 1,12 u.r.

Pentru tensiunea de excitație a excitatoarei (fig. 12) :

— valoarea finală 1,12 u.r.

Durata procesului tranzitoriu este de circa 1,6 S.

Concluzii

Primele măsurători din ciclul inițiat de ISPE pentru stabilirea experimentală a performanțelor sistemelor de reglare a tensiunii generatoarelor din sistemul energetic național, efectuate la CHE Argeș, au condus la următoarele concluzii :

1. Sistemul de excitație al grupului de 55 MW, echipat cu un regulator tip MRN — G 101, are o funcționare corectă în regim tranzitoriu, asigurînd un răspuns rapid, fără suprareglaj, al tensiunii la bornele generatorului.

2. Metodologia simplă de efectuare a probelor utilizată în aceste măsurători a condus la rezultate bune; de aceea se consideră indicată folosirea ei la probele similare care se vor efectua în viitor.

3. Pe baza măsurătorilor efectuate se obțin informații asupra performanțelor globale ale sistemului de excitație. Determinarea parametrilor unei funcții de transfer echivalente s-a realizat cu ajutorul unui calculator analogic, folosind criteriul identității între răspunsurile tranzitorii ale sistemului real și modelului său analogic.

4. Funcția de transfer echivalentă propusă în [1] descrie suficient de precis comportarea sistemului de excitație în regim tranzitoriu.

5. Folosirea montajelor diferențiale este absolut necesară în cazul înregistrării mărimilor ale căror abateri sînt mici față de valorile de regim staționar, pentru obținerea unei precizii acceptabile la prelucrarea oscilogramelor. Dacă se dispune de amplificatoare operaționale tranzistorizate, cu stabilizarea automată a derivei nulului, este posibilă, pe lîngă extinderea dinamicii curenților de ieșire, și o prelucrare mai completă a mărimilor direct în montajul analogic folosit la înregistrare (viteza de creștere, aria delimitată de variația unei mărimi etc.).

6. Rezultatele bune obținute din aceste prime determinări îndreptățesc efectuarea în continuare a unor probe similare și la alte generatoare de mare putere din sistemul energetic național. În acest fel vor putea fi completate datele strict necesare pentru analiza comportării sistemului energetic în regim tranzitoriu.

Autorii mulțumesc conducerii și personalului specializat de la CHE „Gh. Gheorghiu-Dej" — Argeș pentru concursul acordat la efectuarea probelor.

Bibliografie

[1] * * * CIGRE — Study Commitee No. 13 — Working Group C_1 — *Questionnaire on voltage regulating systems*, 1965.

[2] * * * CIGRE — Study Commitee No. 13 — Working Group C_1 — *Report on replies to the questionnaire on voltage regulating systems*, 1967.

[3] Reggiani, F. și Saccomanno, F. *Considérations sur les marges de stabilité avec référence particulière à l'effet des caractéristiques de l'alternateur et du système d'excitation et de régulation de la tension.* CIGRE, 1966, Rapp. 330.

[4] Schacher, R. și Staber, J. *Comparaison du comportement de différents systèmes d'excitation pour de grands turboalternateurs, constitués par des redresseurs au silicium commandés et non commandés.* CIGRE, 1966, Rapp. 113.

[5] Laible, Th. *Essais de réglage de tension à la centrale Lünersee de S. A. de Forces Motrices de l'Jll au Vorarlberg.* Bull, Oerlikon, avril 1960, nr. 339, p. 30.

[6] Dandeno, P. L. și Mc Clymont, K. L. *Excitation System Response: A utility viewpoint.* Tr. AIEE, vol. 75, p. III, 1957, p. 1497.

(Articol intrat în redacție la 5 decembrie 1967)

◆

Principii noi de realizare a protecției selective contra punerii la pămînt în rețelele de medie tensiune

Ing. I. Buga [*)]

1. Considerații generale

După cum se știe, în țara noastră rețelele de medie tensiune funcționează cu neutrul izolat sau legat la pămînt prin bobine de stingere.

Prin acest mod de tratare a neutrului, la o punere la pămînt a unei faze tensiunile între faze la consumatori rămîn neschimbate, iar curentul de defect, fiind mic, nu solicită aparatajul de comutație primară la stabilitatea termică și nici dinamică. Cu toate acestea, problema selectării rapide și chiar a deconectării liniei defecte se impune ca necesară. Necesitatea existenței unei protecții selective, care să conducă fie la semnalizare fie la deconectarea liniei cu punere la pămînt, constă în următoarele :

a) În aceleași condiții de sol se vor putea admite valori mai mari ale tensiunii pe priză, neducînd totuși la pierderea stabilității termice a acesteia.

b) În aceleași condiții de sol și de acces se vor putea admite valori mai mari ca 125 V și, respectiv, 250 V ale tensiunii pe priză.

[*)] Ion Buga este inginer la D.G.D.E.E. din M.E.E.

Admiterea unei tensiuni mai mari pe priză conduce la o însemnată economie de metal şi manoperă (rezistenţele vor fi mai mari în acest caz).

c) Ca urmare a supratensiunilor interne care apar la o punere la pămînt pot apărea conturnări ale celorlalte faze (fie pe aceeaşi linie, fie pe altă linie) şi deci duble puneri la pămînt. De regulă, dubla punere la pămînt poate fi deconectată de protecţia pentru scurtcircuite polifazice.

Sînt însă cazuri — deşi puţine la număr — cînd, datorită rezistenţei mari de trecere la defect, protecţia pentru defecte polifazice nu mai este sensibilă. Insensibilitata protecţiei se măreşte cu creşterea lungimii liniilor, cu încărcarea acestora, precum şi cu creşterea complexităţii configuraţiei reţelei.

Sînt două soluţii de rezolvare a problemei în asemenea situaţie :

— realizarea unei protecţii speciale pentru deconectarea dublei puneri la pămînt ;

— instalarea unor prize de pămînt cu rezistenţe foarte mici (şi deci cu un consum mare de metal), care să nu conducă la pierderea stabilităţii prizelor şi nici la valori ale tensiunii pe prize mai mari decît cele admisibile din punctul de vedere al electrocutării.

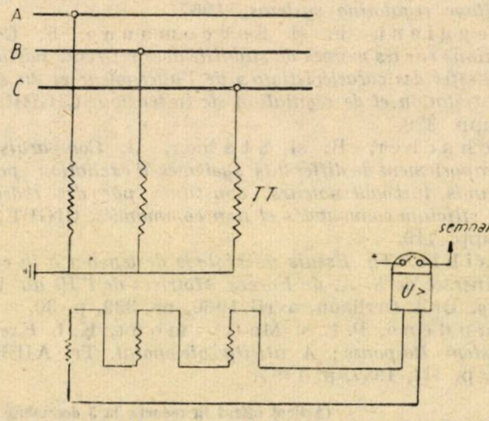


Fig. 1. Protecţie neselectivă de punere la pămînt.

Realizarea unei protecţii speciale nu se justifică dacă luăm în considerare că transformarea simplei puneri la pămînt are loc cu o frecvenţă redusă, iar că, de regulă, dubla punere la pămînt este lichidată de protecţia prin relee pentru scurtcircuite polifazice.

Soluţia a doua apare şi mai puţin indicată, ea conducînd la un consum mare de metal. Concluzia care se desprinde este de a realiza, pe diferite principii, o protecţie selectivă contra punerii (simple) la pămînt.

În prezent, în ţara noastră, există în exploatare o protecţie neselectivă, bazată pe tensiunea homopolară (fig. 1), şi o protecţie selectivă, bazată pe principiul amplitudinii curentului homopolar stabilizat (fig. 2). Trebuie subliniat că o protecţie selectivă pe principiul curentului stabilizat este deosebit de greu de realizat, pentru că :

— din punctul de vedere al limitării supratensiunilor în reţea şi al menţinerii stabilităţii la prizele de pămînt, acest curent de defect se tinde să fie cît mai mic (pentru protecţia prin relee ar trebui dimpotrivă un curent cît mai mare) ;

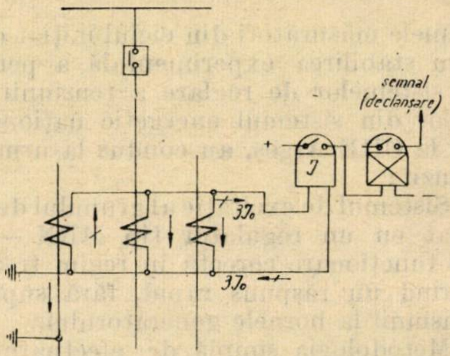


Fig. 2 a. Protecţie selectivă de punere la pămînt cu filtru de secvenţă homopolară (FSH).

— între curentul capacitiv al întregii reţele şi curentul propriu capacitiv al liniei cu punerea la pămînt trebuie să existe următorul raport :

$$\frac{\Sigma\, 3^{I_{0p}}}{3^{I_{0p}}} \geqslant 4{,}2. \qquad (1)$$

Acest raport provine din următoarele :

a) Condiţia de selectivitate.

$$3^{I_0}{}_{reglaj} \geqslant K_{sig.}\, K_{şoc.}\, 3^{I_{0p}}$$

$$K_{sig.} = 1{,}4$$

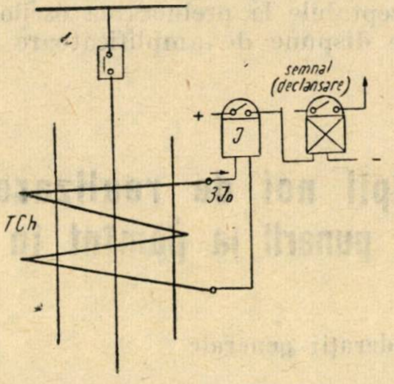


Fig. 2 b. Protecţie selectivă de punere la pămînt cu transformator de secvenţă homopolară (TSH).

$K_{şoc.} = 2$ (se ia în considerare şocul de curent capacitiv ; pentru o protecţie rapidă, se poate lua $K_{şoc.} = 4-5$).

b) Pe de altă parte, pentru ca protecţia liniei respective să fie sensibilă trebuie ca :

$$3^{I_0}{}_{reglaj} \leqslant K_{sens.} \sum 3^{I_{0p}}$$

$$K_{sens.} = 1{,}5.$$

Rezultă că : 1,4 × 1,5 × 2 = 4,2.

Practic, o asemenea condiție într-o rețea cu neutrul izolat nu se poate îndeplini decît de la 3 – 4 plecări în sus, legate galvanic între ele. De aceea se cercetează și se experimentează alte principii de realizare a protecției prin relee în asemenea cazuri.

2. Principii noi în realizarea protecției selective contra punerii la pămînt în rețelele de medie tensiune

2.1. *În rețelele cu neutrul izolat*

În cazurile în care condiția de mai sus nu se poate îndeplini trebuie prevăzută o protecție care să funcționeze pe principiul polarității curentului capacitiv. Se știe că sensul curentului capacitiv la o linie avariată este diferit de cel al liniilor sănătoase. Utilizîndu-se drept tensiune de referință tensiunea homopolară, se poate determina sensul curentului de defect și deci și linia avariată, cu ajutorul unui releu direcțional (varmetric).

2.2. *În rețelele cu neutrul compensat*

Mult mai grea devine realizarea unei protecții selective într-o asemenea rețea unde curentul capacitiv pe linia defectă este redus aproape de zero. Este evident că atît principiul amplitudinii curentului capacitiv stabilizat cît și al polarității curentului capacitiv nu pot fi folosite.

De aceea în asemenea cazuri se folosesc alte principii, care să fie independente de fenomenul de compensare și să nu afecteze efectul acesteia. În acest scop se caută să se folosească atît procesele care apar în regim stabilizat cît și cele în regim tranzitoriu.

2.2.1 *Protecția acționînd la șocuri de curent de puneri la pămînt* în regim tranzitoriu. După cum este cunoscut, prima semiperioadă care urmează după apariția punerii la pămînt decurge identic în cele două rețele (în rețelele cu neutrul izolat și compensat), dată fiind inerția electrică pe care o reprezintă inductanța bobinei de stingere. Reușita unei asemenea protecții depinde în mare măsură de rapiditatea releelor (de curent, de semnalizare etc.). Se înțelege că în asemenea caz trebuie îndeplinită condiția arătată mai sus (1).

2.2.2. *Protecția funcționînd pe principiul amplitudinei armonicelor superioare conținute în curentul stabilizat de punere la pămînt.* Dat fiind că bobina de stingere este acordată la frecvența de 50 Hz, armonicile superioare conținute în curentul de defect nu sînt afectate de procesul de compensare. Se știe că armonicile superioare sînt prezente și în regim normal de funcționare, sursa lor fiind forma deformată a curbei tensiunii generatoarelor, curenții de magnetizare ai transformatoarelor și caracterul de sarcină al unor consumatori (instalații de redresare) etc.

La apariția unei puneri la pămînt, conținutul în armonici superioare crește considerabil, din cauza abaterii și mai mari a curbei tensiunii generatoarelor, curentului de magnetizare a bobinei de stingere, suprapunerii componentelor directe și invers de armonică a 3-a care găsesc o cale de circulație prin pămînt.

Pe liniile sănătoase, curentul homopolar de armonici superioare este determinat de armonicile din curba de tensiune și impedanță liniară a liniei, în timp ce pe linia defectă circulă un curent homopolar sumă, debitat de toate liniile sănătoase, la care se adaugă cel determinat de bobina de stingere.

Protecția în acest caz se bazează pe diferența dintre acești curenți, funcționînd după un principiu maximal (fig. 3). Principial se poate realiza o protecție fie pe baza unei anumite armonici, fie pe suma acestor armonici conținute în curentul de punere la pămînt.

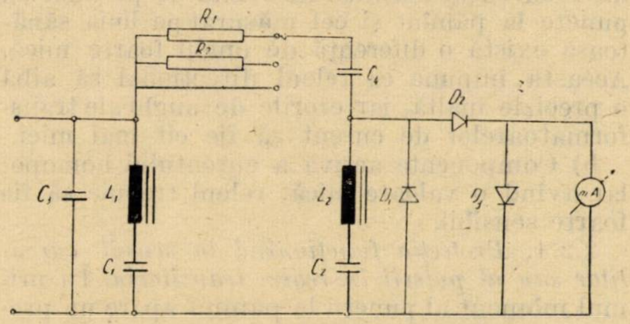


Fig. 3. Aparat (releu) pentru detectarea punerii la pămînt (schemă de principiu).

2.2.3. *Protecția direcțională de putere activă în regim stabilizat.* După cum s-a mai arătat, sub influența curentului inductiv dat de bobina de stingere, curentul capacitiv de pe faza defectă se compensează (total sau parțial). Componenta activă a curentului de punere la pămînt, însă, nu este influențată de această compensare. În realizarea protecției în acest caz se folosește faptul că sensul curentului activ este diferit pe linia avariată și pe toate celelalte linii sănătoase. Folosindu-se drept tensiune de referință tensiunea homopolară $3U_0$, un releu direcțional wattmetric poate sesiza linia cu punerea la pămînt (fig. 4).

Trebuie menționat însă că funcționarea unui asemenea releu se complică din următoarele motive :

a) În cazul funcționării cu supracompensare pe linia defectă, curentul homopolar are două componente :

— o componentă inductivă (diferența dintre curentul debitat de bobina de stingere și curentul capacitiv al rețelei) ;

— o componentă activă (despre care s-a vorbit mai sus).

Dificultatea constă în faptul că în acest caz componenta inductivă de pe linia defectă are același sens de circulație ca și curentul capacitiv de pe liniile sănătoase. Rezultă deci că între curentul măsurat de releul de pe linia cu punere la pămînt și cel măsurat pe linia sănătoasă există o diferență de unghi foarte mică. Aceasta impune ca releul direcțional să aibă o precizie înaltă, iar erorile de unghi ale transformatoarelor de curent să fie cît mai mici.

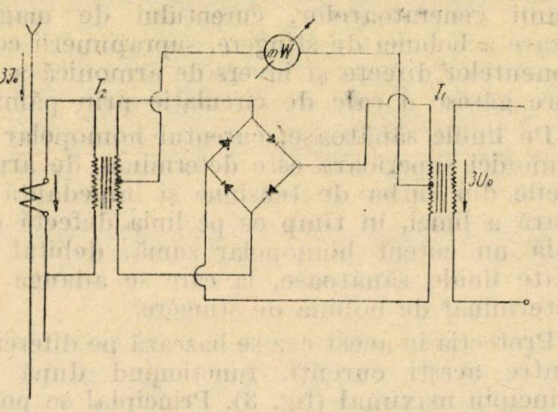


Fig. 4. Aparat (releu) direcțional pentru detectarea punerii la pămînt (schemă de principiu).

b) Componenta activă a curentului homopolar avînd o valoare mică, releul trebuie să fie foarte sensibil.

2.2.4. *Protecția funcționînd la sensul curenților sau al puterii în regim tranzitoriu.* În primul moment al punerii la pămînt apare un proces tranzitoriu determinant de încărcare a capacităților fazelor sănătoase la o tensiune cu $\sqrt{3}$ ori mai mare decît în regim normal și de descărcare a capacității fazei puse la pămînt.

Acest proces tranzitoriu se caracterizează prin următoarele :

a) Sensul de circulație a curentului pe linia avariată diferă de sensul de circulație a curentului pe toate celelalte linii sănătoase.

b) Pe linia avariată semiundele de curent și de tensiune au același semn, spre deosebire de liniile sănătoase, unde cele două semiunde au sensuri contrare.

Pe acest principiu se pot realiza relee de curent care compară semnul curentului pe liniile din stația respectivă sau relee direcționale care fixează semnul puterii homopolare instantanee.

3. Analiza comparativă a principiilor descrise

În efectuarea acestei analize trebuie să se plece de la particularitățile pe care le prezintă asemenea tip de defecte în rețelele de medie tensiune cu neutrul izolat sau compensat.

— Astfel, multe defecțiuni de izolație și puneri la pămînt au un caracter trecător. În consecință, dispozitivele de semnalizare ar trebui să acționeze și la aceste fenomene de scurtă durată. Releele care acționează la procesele tranzitorii sesizează și acest fel de defecte, spre deosebire de releele care se bazează pe procesele stabilizate, permanente, care sînt mai lente.

Pe de altă parte, se știe că pentru depistarea sectorului din linia avariată se fac manevre în rețea cu scopul fragmentării liniei. Pentru a putea determina dacă punerea la pămînt persistă în urma unei asemenea manevre, trebuie ca funcționarea releului să fie repetabilă. Din acest punct de vedere, releele care acționează numai la componentele tranzitorii funcționează numai la apariția punerii la pămînt și funcționarea lor nu se mai poate repeta în timpul persistenței punerii la pămînt, caracterizată printr-un proces stabilizat. Dimpotrivă, releele care reacționează la fenomenele stabilizate rămîn acționate în tot timpul menținerii punerii la pămînt în rețeaua respectivă.

— Funcționarea dispozitivelor de protecție de semnalizare ar trebui să fie independentă de regimul de compensare a curentului de punere la pămînt.

Fenomenele tranzitorii care însoțesc apariția punerii la pămînt se desfășoară practic, după cum am văzut, independent de regimul de compensare.

De asemenea și conținutul în armonici superioare nu depinde de prezența bobinei, avînd în vedere că aceasta nu lucrează în regim saturat și deci valoarea curenților de armonici superioare debitați de bobină este mică în raport cu curentul total. Din acest punct de vedere, și protecțiile bazate pe acest principiu pot fi utilizate independent de regimul compensării.

Altfel se comportă sub acest aspect releul direcțional. Dacă neutrul rețelei este izolat, este evident că unghiul de maximă sensibilitate al releului trebuie să fie de 90° (releu varmetric), iar dacă neutrul este pus la pămînt prin bobină, valoarea acestui unghi trebuie să fie de zero grade (releu wattmetric). Dat fiind că trecerea de la un regim cu neutrul izolat la unul compensat și invers se face foarte rar, se poate realiza un releu cu comutare manuală, pentru ambele cazuri.

Este mai dificil de realizat un releu care să sesizeze punerea la pămînt la diverse grade de compensare. Releul va lucra bine în regim de compensare la rezonanță (bineînțeles cu condiția să fie sensibil față de valoarea componentei active).

În regim de subcompensare sau supracompensare va trebui să avem grijă ca valoarea componentei reactive (capacitivă sau inductivă) care apare în aceste cazuri să nu depășească valoarea celei active. În acest caz, unghiul dintre curentul și tensiunea homopolară va fi de 30°, iar protecţiei i se va asigura încă o funcţionare corectă.

— Din punctul de vedere al complexităţii structurii reţelei (reţea buclată etc.) trebuie preferate releele direcţionale, şi nu cele bazate pe criteriul amplitudinii.

— O problemă nu mai puţin importantă este şi aceea a modului de obţinere a curentului homopolar.

În acest sens, după cum se ştie, se poate folosi fie un filtru format din trei transformatoare de curent (FSH), fie un transformator de secvenţă homopolară (TSH).

Filtrul de secvenţă homopolară (filtrul Holmgreen) prezintă deficienţa că, din cauza neidentităţii caracteristicilor celor trei transformatoare de curent — atît în regim normal cît şi la scurtcircuite exterioare — apare un curent de dezechilibru pe care protecţia îl înregistrează ca fiind un curent homopolar, de defect. Din acest motiv, se pot conecta la acest tip de filtru numai protecţiile care reacţionează la componenta tranzitorie şi cele bazate pe armonici superioare. O dificultate constă şi în aceea că, transformatoarele de curent avînd rapoarte de transformare diferite, releele respective trebuie construite cu diferite domenii de reglaj.

Concluzii

1. Se impune ca necesară instalarea protecţiei selective de semnalizare a punerii (simple) la pămînt în cazurile în care, prin mijloacele existente, un asemenea defect nu se poate sesiza într-un timp scurt (circa 10 minute).

2. Protecţia trebuie să conducă la deconectarea liniei defecte, cînd condiţiile de tehnica securităţii o cer.

3. Se poate trece pe declanşare protecţia menţionată la pct. 1 dacă există rezervă în alimentare sau dacă importanţa consumatorului este redusă.

4. Ca variante ale acestor protecţii pot fi :

a) în reţelele unde se pot obţine condiţiile cerute (selectivitate, sensibilitate) să se monteze protecţii obişnuite (care să aibă drept element final un releu de punere la pămînt, construit pe unul din principiile arătate) ;

b) în reţelele unde nu se pot obţine condiţiile de selectivitate şi sensibilitate, se va putea folosi, în loc de releu, un aparat indicator (mA, mW etc). Acest aparat, fiind conectat la transformatoarele de măsură, va putea să ne indice, prin măsurători succesive, linia defectă ;

c) pe fiderii ce pleacă din PA şi PT, unde nu sînt montate transformatoare de măsură, se va putea folosi un dispozitiv construit pe principiul cleştelui Dietz.

5. De mare însemnătate în ridicarea eficienţei acestor protecţii este şi luarea următoarelor măsuri :

a) o strictă şi judicioasă dimensionare a reţelelor de medie tensiune (lungime, secţiune, configuraţii etc) ;

b) îmbunătăţirea simţitoare a izolaţiei liniilor ;

c) ameliorarea continuă a calităţii întrerupătoarelor şi dispozitivelor de acţionare ;

d) instalarea şi funcţionarea ireproşabilă a RAR.

Bibliografie

[1] * * * Regulamentul de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice.

[2] Cernobrovov, N. V. *Releinaia zaşcita, 1958.*

[3] Fedoseev, A. M. *Protecţia prin relee* (traducere din limba rusă), *1958.*

[4] Călin, S. şi Marcu, S. *Protecţia prin relee.*

[5] Andreev, ş.a. *Releinaia zaşcita, raspredelitelnîh setei.*

[6] Studii I.R.M.E. *A V-a Sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice.* Elaborarea unui releu pentru sesizarea punerilor la pămînt în reţelele cu neutrul izolat sau compensat, 1966.

(Articol intrat in redacţie la 5 iulie 1967)

Implicațiile tracțiunii electrice Brașov-Cîmpina în sistemul electroenergetic

D. Crețu, G. Marini și Al. Trițescu *)

1. Influența tracțiunii electrice asupra parametrilor de regim în stațiile de alimentare

Pentru sistemul electroenergetic, tracțiunea electrică alimentată în monofazat constituie, în primul rînd, un consumator important asimetric și în al doilea rînd, așa cum a rezultat din lucrarea precedentă [1], un consumator deformant.

Măsura influenței tracțiunii electrice asupra parametrilor de regim în stațiile de alimentare este dată de disimetriile sistemelor trifazate de tensiuni (pe barele stației) și de curenți (pe liniile electrice de transport conectate la bare) și de distorsiunile curbelor tensiunilor și curenților respectivi.

Există metode de predeterminare prin calcul a disimetriilor și distorsiunilor, însă toate au un caracter estimativ, pe de o parte din cauza necunoașterii tuturor parametrilor sistemului și, pe de altă parte, din cauza complexității, a neliniarităților și a fluctuațiilor structurale și funcționale ale sistemului electric. De aceea, în locul unor relații „principial riguroase", care necesită un volum mare de calcule, se utilizează relații aproximative, dar simple și ușor de calculat, cunoscînd doar puterile inițiale de scurtcircuit pe bare și pe liniile de transport și puterea consumatorului asimetric. Astfel, pentru gradul de disimetrie al tensiunilor pe bare se utilizează relația :

$$\varepsilon_u = \frac{U_i}{U_n} \approx \frac{S_{mon}}{S_{scB}} \quad [\mathrm{u.r}],$$

iar pentru curentul suplimentar în fazele omologe ale liniilor de transport racordate la bare rezultă (în amperi, dacă tensiunea și puterile se exprimă în unități coerente) :

$$\Delta I_{Li} \approx \frac{S_{mon}}{U} \cdot \frac{S_{sc \cdot Li}}{S_{scB}} = \varepsilon_u \frac{S_{sc \cdot Li}}{U} \quad [\mathrm{A}],$$

în care

S_{mon} este puterea absorbită de consumatorul monofazat ;

$S_{sc \cdot Li}$ — puterea inițială de scurtcircuit trifazat pe linia i de transport ;

S_{scB} — puterea inițială de scurtcircuit trifazat pe bare ;

U — tensiunea la care se face alimentarea consumatorului monofazat.

Datele obținute prin măsurători directe rămîn totuși singurele care pot furniza informații certe, cu largă utilitate în cazul în care se cunosc, în momentul respectiv, schema, structura și regimul de funcționare a sistemului în ansamblu.

1.1. *Disimetria tensiunilor pe barele stațiilor Brașov și Valea Largă*

În stația Brașov s-au făcut oscilografieri ale curbelor tensiunilor pe barele de 110 kV, 35 kV și 6 kV pentru diferite valori ale sarcinii absorbite de tracțiunea electrică. În figura 1 sînt prezentate cîte două exemple de curbe ale tensiunilor de fază pe barele de 110 kV (*a*) și de 35 kV (*b*) pentru sarcină CFR nulă și, respectiv, pentru aproximativ un sfert din puterea prezumată în faza de proiect, schema stației fiind normală. Analiza curbelor indică o influență moderată pe partea de 110 kV și una redusă pe partea de 35 kV. De aceea nu s-a mai calculat gradul de disimetrie — ε_u —, ci dezechilibrul α_u.

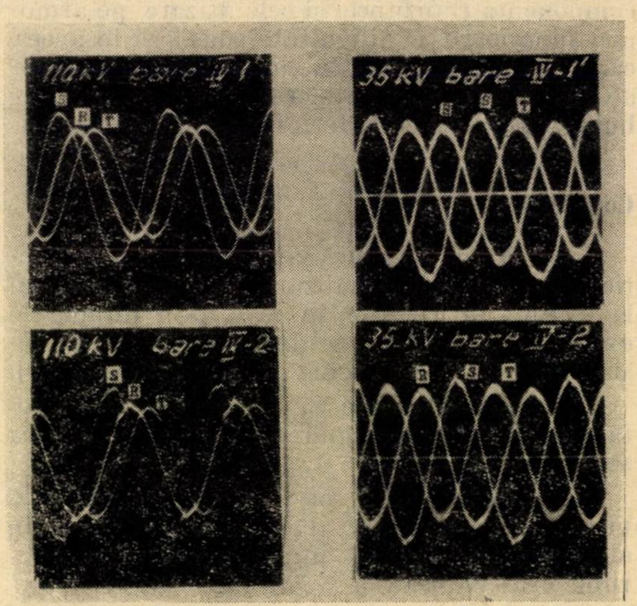


Fig. 1. Curbele tensiunilor de fază pe barele stației Brașov *a* — 110/3 kV ; *b* — 35/3 kV.

Efectul deformant al sarcinii CFR se constată numai pe fazele *R* și *S* și este de asemenea moderat pe barele de 110 kV și redus pe barele de 35 kV. Valoarea maximă a factorului deformant s-a calculat pe faza *R* (110 kV) și este $K_{du} = 0{,}032$. Pentru aceleași condiții de sarcină și schemă s-au făcut mai multe oscilograme, care, prelucrate, au dat rezultate similare, motiv pentru care nu mai sînt reproduse.

---

*) Autorii sînt ingineri la Întreprinderea pentru raționalizarea și modernizarea instalațiilor energetice.

Oscilogramele tensiunilor barelor de 6 kV indică o influență neglijabilă a tracțiunii electrice; din această cauză, curbele nu au mai fost prelucrate și nici reproduse.

În stația Valea Largă s-au făcut oscilografieri numai pe barele de 110 kV, însă simultan au fost înregistrați curenții absorbiți de către CFR prin cele două transformatoare în funcțiune, din care unul, conectat la fazele *RS*, alimenta tronsonul de cale ferată spre Brașov, iar celălalt, conectat la fazele *RT*, alimenta tronsonul de cale ferată spre Cîmpina. În figura 2 sînt prezentate cîteva oscilograme corespunzătoare mai multor situații posibile în stația Valea Largă, pentru care s-au determinat dezechilibrul de tensiune și conținutul de armonici al tensiunilor și curenților înregistrați. Pentru cazul cînd în stația Brașov este deconectată alimentarea căii ferate, măsurătorile din Valea Largă au surprins trei situații distincte :

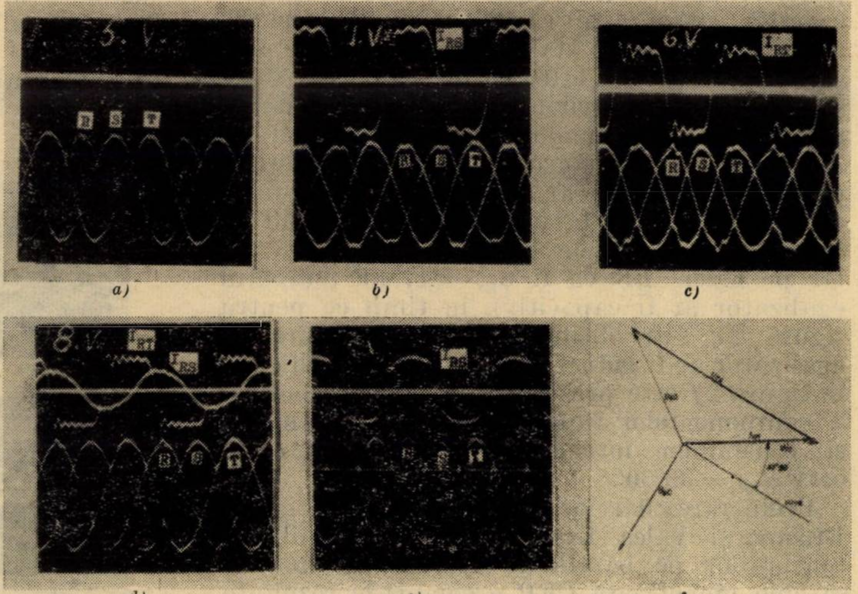
a) ambele transformatoare funcționînd în gol;

b) transformatorul racordat la fazele *RS* în suprasarcină ($I_{RS} = 1,45\ I_n$), iar celălalt în gol și

c) transformatorul alimentat de la fazele *RT* în sarcină ($I_{RT} = 0,75\ I_n$) și celălalt în gol; pentru cazul în care stația Valea Largă funcționează în paralel cu stația Brașov s-au înregistrat două situații semnificative :

d) ambele transformatoare din Valea Largă încărcate ($I_{RS} = 0,31$ și $I_{RT} = 0,50\ I_n$) și

e) transformatorul racordat la fazele *RS* încărcat ($I_{RS}=0,35 I_n$), iar celălalt transformator funcționînd în gol. Influența tracțiunii electrice este prezentă în toate oscilogramele, dezechilibrul tensiunilor încadrîndu-se ca valoare în rezultatele obținute anterior la Brașov. Inedită apare și modificarea formei curbei curen-



a) b) c)

d) e) f

Fig. 2. Curbele tensiunilor de fază și curenților de linie în stația Valea Largă și diagrama fazorială a componentelor fundamentale ale curenților și tensiunilor din fig. 2 *c*.

Tabela 1

Oscilograma	Armonica / Mărimea	1	1	3	5	7	9	11	13	Valori efective		Factor deformant		
										U	I	K_{du}	K_{di}	α_u
		kV	A	%	%	%	%	%	%	%	%	—	—	—
6 V	I_{TR}	—	106	27,9	13,2	7,4	4,9	10,2	4,5	—	105,66	—	0,340	—
	U_{RO}	$103,8/\sqrt{3}$	—	3,6	1,5	1,5	1,4	2,8	1,7	100,10	—	0,055	—	3,36
	U_{SO}	$104/\sqrt{3}$	—	1,3	1,7	2,0	1,6	1,5	1,3	100,08	—	0,039	—	
	U_{TO}	$107,5/\sqrt{3}$	—	2,5	0,7	0,8	2,0	2,6	0,6	100,10	—	0,043	—	
8 V	I_{RT}	—	70	26,8	11,2	6,3	3,0	2,0	3,1	—	104,40	—	0,303	—
	I_{RS}	—	45	7,0	1,6	1,3	0,5	3,1	2,4	—	100,70	—	0,083	—
	U_{RO}	$112,4/\sqrt{3}$	—	3,5	0,8	1,2	0,9	2,2	0,8	100,10	—	0,045	—	3,09
	U_{SO}	$110,1/\sqrt{3}$	—	2,5	1,5	0,5	1,0	0,5	0,4	100,01	—	0,032	—	
	U_{RO}	$113,5/\sqrt{3}$	—	4,1	0,3	0,8	0,3	1,5	0,6	100,30	—	0,045	—	
9 V	I_{RS}	—	50	18,0	6,7	2,5	1,3	1,0	1,1	—	101,8	—	0,195	—
	U_{RO}	$104,8/\sqrt{3}$	—	1,9	1,9	0,8	1,2	0,7	0,7	100,10	—	0,032	—	2,91
	U_{SO}	$108/\sqrt{3}$	—	0,2	0,8	0,5	0,9	2,3	1,8	100,03	—	0,032	—	
	U_{TO}	$107,2/\sqrt{3}$	—	0,9	0,5	0,1	1,3	0,1	0,6	100,01	—	0,023	—	
11 V	I_{RS}	—	210	18,5	2,5	4,3	2,0	0,5	0,1	—	102,0	—	0,193	—
	U_{RO}	$104,1/\sqrt{3}$	—	4,1	1,9	2,6	1,8	0,8	2,0	100,20	—	0,055	—	3,46
	U_{SO}	$101,3/\sqrt{3}$	—	4,9	1,7	2,1	1,4	1,0	1,1	100,21	—	0,064	—	
	U_{TO}	$105,1/\sqrt{3}$	—	1,4	1,6	1,2	1,4	1,8	0,9	100,06	—	0,035	—	

tului absorbit pe fazele RS, modificare ce se reflectă și în datele furnizate de analiza armonică a curbelor (tabela 1.)

Această schimbare a formei curbei curentului și a ponderii componentelor armonice ale curentului se poate explica prin existența unui curent egalizator de circulație între stații, care, fiind în general de formă practic sinusoidală și suprapunîndu-se curentului deformat cu spectrul cunoscut, reduce valoarea armonicilor, raportată de data aceasta la curentul total. Acest curent de circulație, la un moment dat, pentru una din stații este inductiv, iar pentru cealaltă stație este capacitiv, în funcție de sensul de circulație stabilit prin nivelul tensiunilor pe barele de 110 kV din cele două stații și de poziția ploturilor de reglaj ale transformatoarelor de alimentare a firului de contact. Astfel, dacă s-ar construi diagrama fazorială pentru figura 2 *d*, s-ar vedea că defazajul între componentele fundamentale ale tensiunii și curentului pe fazele RT este $\varphi_{TR} = 33°20'$, iar pe fazele RS va fi $\varphi_{RS} = 17°40'$ (curentul egalizator ar fi capacitiv), în timp ce pentru figura 2 *e* s-ar obține $\varphi_{RS} = 42°30'$ (curentul egalizator ar fi inductiv). Pentru exemplificare, în figura 2 *f* este prezentată diagrama fazorială a componentelor fundamentale ale curentului și tensiunilor înregistrate în figura 2 *c*, în care $\varphi_{TR} = 33°50'$.

Prelucrarea datelor măsurătorilor din stațiile Brașov și Valea Largă privind dezechilibrul tensiunilor pe barele de 110 kV produs de sarcina monofazată CFR a condus la rezultate foarte apropiate, care confirmă pe cele obținute prin calcul. Dezechilibrul maxim s-a măsurat în Valea Largă la o sarcină pe fazele RS de 23 MVA și a fost $\alpha_u = 3{,}46\,\%$; aceasta corespunde la $\varepsilon_u \approx 0{,}020$ și este comparabil cu $\varepsilon_u = 0{,}018$ obținut prin calcul cu relația aproximativă din [1] pentru condiții identice. Normele actuale permit $\varepsilon_u \leqslant 0{,}05$.

1.2. *Disimetria curenților liniilor electrice de transport conectate la barele stațiilor Brașov și Valea Largă*

În stația Brașov s-au făcut măsurători simultane ale curenților fazelor liniilor electrice de transport la diferite încărcări ale acestora și pentru diverse valori ale sarcinii CFR în cazul în care schema de funcționare a stației era normală. În figura 3 sînt prezentate oscilogramele curenților liniilor Fîntînele, Florești și Moroeni la sarcină CFR nulă (*a*) și la sarcină de 2×50 A (35%) din valoarea nominală (*b*). Dezechilibrul maxim se obține pe linia Moroeni $\alpha_i \approx 16{,}20\,\%$; pe toate liniile însă, în zile diferite, pentru aceeași schemă normală a stației s-au obținut și valori mai mici ale dezechilibrului α_i. Rezultă că dezechilibrul curenților este influențat sensibil și de starea sistemului și de regimul de funcționare (nivelul tensiunilor în nodurile învecinate, circulația curenților etc.). În figura 3 *c* sînt oscilografiați curenții pe linia spre Uzina „Tractorul” și curentul absorbit de tracțiunea electrică, de asemenea pentru două sarcini distincte ($I_{RS} \approx 0$ și $I_{RS} \approx 2 \times 30$ A (20%)). Urmărind valorile curenților pe fiecare fază, se poate remarca faptul că pe liniile de transport „furnizoare” fazele R și S sînt mai încărcate decît faza T, în timp ce liniile „receptoare”, cum sînt liniile spre Uzina „Tractorul” și spre cele trei transformatoare de 20 MVA fiecare, ce alimentează subsistemul electroenergetic Brașov, au fazele R și S mai descărcate decît faza T. Acest fapt este normal și explicabil prin aceea că liniile „furnizoare” sînt cele ce debitează pe racordul CFR ; în consecință, scăderile de tensiune pe cele două faze vor fi mai mari, iar curenții absorbiți de consumatorii practic simetrici vor fi proporționali cu tensiunile aplicate. În acest fel, faza T la toate liniile de 110 kV ce alimentează subsistemul Brașov, în prezența consumului CFR, va fi mai încărcată decît celelalte două faze. Fără a mai reproduce și alte oscilograme, înregistrate în condiții similare celor din figura 3 *b* ($I_{RS} \approx 0{,}35\ I_n$), dăm dezechilibrele maxime determinate :

LET Fîntînele	$\alpha_i = 5{,}25\,\%$
LET Florești	$\alpha_i = 15{,}00\,\%$
LET Moroeni	$\alpha_i = 16{,}20\,\%$
LET Tractorul	$\alpha_i = 1{,}50\,\%$
Transformatorul 20 MVA	$\alpha_i = 5{,}00\,\%$

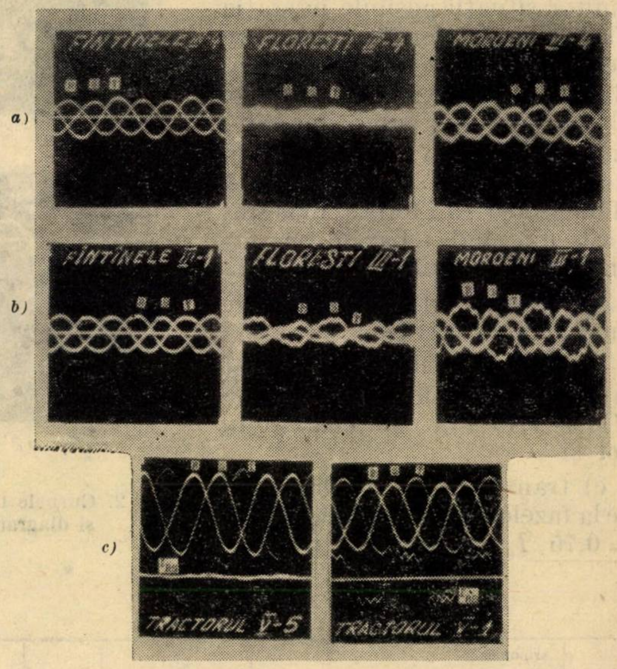


Fig. 3. Curbele curenților de fază pe liniile spre Fîntînele, Moroeni, Florești și „Tractorul“ pentru diferite sarcini CFR.

Din cele prezentate se poate trage concluzia că liniile spre Moroeni şi Floreşti sînt cele mai dezechilibrate de tracţiunea electrică.

Decuplarea unor linii de transport măreşte dezechilibrul liniilor rămase cuplate pe barele de 110 kV. Astfel, în cazul deconectării liniei Floreşti şi a unei linii spre Fîntînele (figura 4 *a*, *b*) pentru un curent de sarcină $I_{RS} \approx 2 \times 30$ A, dezechilibrul a fost $\alpha_i = 6{,}00\%$ pentru linia Fîntînele, rămasă în funcţiune, şi $\alpha_i = 6{,}66\%$ pentru linia Moroeni, faţă de 4,3% şi, respectiv, 8% cît se obţine utilizînd relaţia din paragraful 1.

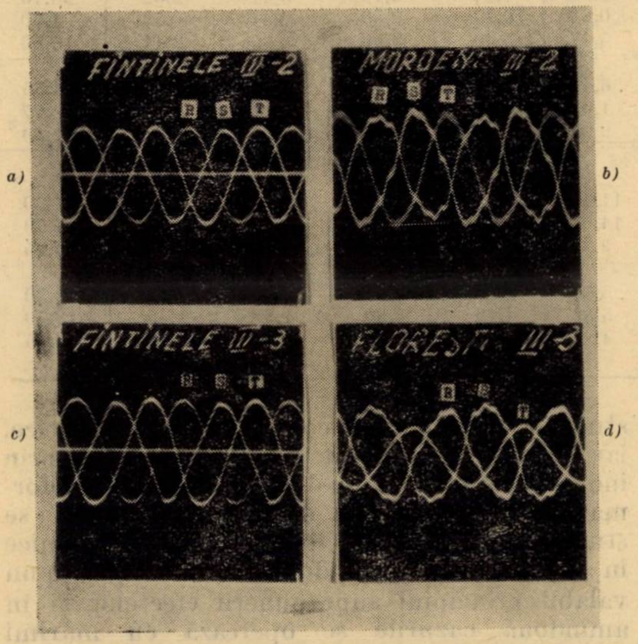


Fig. 4. Curbele curenţilor de fază pe liniile Fîntînele, Moroeni şi Floreşti pentru diferite scheme şi diferite sarcini CFR.

Tot în figura 4 sînt prezentate oscilograme ale curenţilor pe liniile Fîntînele şi Floreşti pentru cazul în care curentul absorbit de CFR este $I_{RS} = 2 \times 50$ A, iar decuplate rămîn linia Moroeni şi o linie spre Fîntînele. În acest caz, dezechilibrele măsurate sînt : 8,50% şi 21,66%, iar cele calculate sînt : 8,40%, respectiv 16%.

Se remarcă astfel că :

a) rezultatele obţinute prin calcul sînt doar orientative şi

b) liniile Floreşti şi Moroeni rămîn în continuare cele mai dezechilibrate.

Barele de 110 kV din staţia Valea Largă sînt alimentate numai de două linii electrice, una dinspre Braşov din sistemul energetic Transilvania şi cealaltă dinspre Floreşti din sistemul electroenergetic Muntenia ; curenţii pe cele două linii sînt dictaţi de schimbul de energie între cele două sisteme interconectate şi de către consumul staţiei ce are un singur abonat — calea ferată.

Înregistrările curenţilor pe cele două linii s-au făcut în situaţia în care schimbul de energie între sistemele interconectate era neimportant, astfel că energia solicitată de tracţiunea electrică avea pondere mare în sarcina rezultată pe linii. În figura 5, prima oscilogramă (26 V) prezintă curenţii pe liniile Braşov (sus) şi Floreşti (jos), cînd consumul CFR se efectua numai pe fazele *RT*, a doua oscilogramă (31 V) prezintă aceleaşi mărimi în momentul în care fazele *RS* erau solicitate de tracţiunea electrică ; a treia oscilogramă (23 V) prezintă curenţii pe liniile Braşov şi Floreşti în situaţia în care sarcina CFR este nulă ; în ultima oscilogramă, curenţii pe faze sînt egali între ei şi corespund la 30 A dinspre Floreşti şi la 25 A înspre Braşov. Diferenţa constituie consumul în gol al celor două transformatoare din staţie. În ambele cazuri, curba curenţilor pe fazele solicitate este puternic distorsionată, fapt ce se reflectă şi în informaţiile furnizate de analiza armonică a curbelor (tabela 2). Pentru oscilograma 26 V, cu ajutorul datelor din tabelă, s-a construit diagrama fazorială a curenţilor fundamentali ; diagrama fazorială este reprodusă în aceeaşi figură şi ilustrează faptul că disimetria curenţilor este provocată, pe de o parte, de valoarea diferită a modulului curenţilor pe cele trei faze (dezechilibrul propriu-zis) şi, pe de altă parte, defazarea inegală a celor trei curenţi. De asemenea se constată că pe faza nesolicitată —*S*— curenţii pe cele două linii sînt practic în opoziţie, pe cînd cei de pe fazele solicitate de tracţiunea electrică sînt defazaţi corespunzător cu aproximativ 90°.

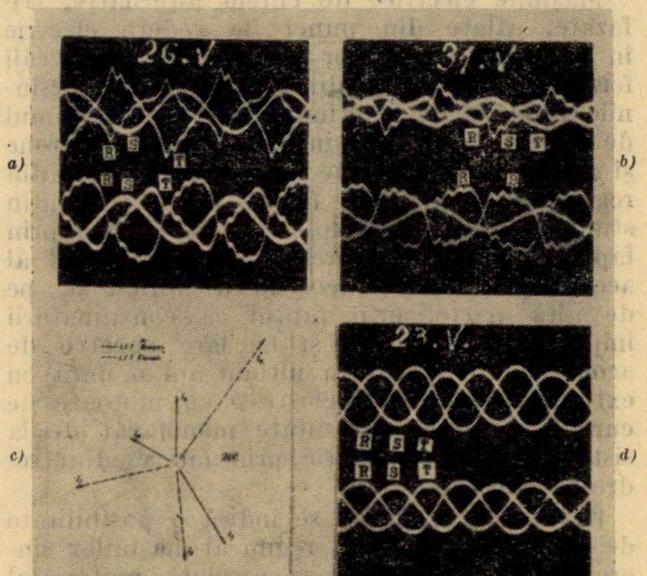


Fig. 5. Oscilogramele curenţilor de fază pe LET Braşov şi LET Floreşti şi diagrama fazorială corespunzătoare probei 26 V.

Tabela 2

Armonica / Mărimea		1 A	φ grade	3 %	5 %	7 %	9 %	11 %	13 %	K_d %
26 V LET Braşov	I_R	20,0	299	26,20	10,36	7,24	2,76	6,41	2,62	28,70
	I_S	21,0	360	2,85	0,63	0,27	0,50	0,54	0,58	1,50
	I_T	45,0	146	13,03	5,47	5,06	3,66	3,60	2,44	16,00
LET Floreşti	I_R	55,0	36	11,25	6,44	4,04	3,02	4,28	2,29	14,55
	I_S	31,0	173	2,33	1,05	0,15	1,05	0,18	1,05	2,77
	I_T	38,0	256	19,20	9,93	5,02	3,48	5,26	3,16	22,60
31 V LET Braşov	I_R	8,25	229	3,40	11,60	2,43	6,26	5,35	2,93	41,60
	I_S	17,44	337	36,70	14,50	4,21	7,42	5,17	0,28	37,70
	I_1	11,20	107	2,32	2,37	2,57	0,42	0,28	0,56	4,25
LET Floreşti	I	38,75	18	17,85	5,16	3,66	5,20	3,05	0,96	19,30
	I_S	37,90	176	15,00	5,83	4,19	8,80	4,19	1,40	18,70
	I_T	15,30	296	2,04	4,92	0,76	0,76	1,19	0,25	0,85

Din cele prezentate rezultă că şi în staţia Valea Largă curenţii pe liniile de transport sînt mult distorsionaţi şi deformaţi de tracţiunea electrică.

2. Perturbaţii provocate de tracţiunea electrică regimurilor maşinilor de curent alternativ

Maşinile electrice de curent alternativ, trifazate, aflate din punct de vedere electric în apropierea staţiilor de alimentare a căii ferate, preiau parţial din asimetria şi distorsiunile produse de tracţiunea electrică. Regimul de funcţionare a maşinilor trifazate, sincrone şi asincrone, face parte în această situaţie din regimurile „speciale" dintre cele mai puţin studiate. Aceasta se explică, pe de o parte, prin faptul că studiul teoretic şi experimental al acestui regim este deosebit de dificil şi, pe de altă parte, prin faptul că consumatorii importanţi asimetrici şi cu larg spectru de armonici au apărut în ultimii ani o dată cu extinderea tracţiunii electrice cu motoare de curent continuu alimentate monofazat de la sistemul electroenergetic prin intermediul redresoarelor.

În cele ce urmează se indică o posibilitate de calcul pentru acest regim al maşinilor sincrone şi asincrone şi se prezintă materialul faptic obţinut cu ocazia măsurătorilor în sistem întreprinse pentru urmărirea efectelor sarcinii monofazate deformante a căii ferate electrificate Braşov — Cîmpina.

2.1. *Metoda de rezolvare*

2.1.1. Regimul studiat avînd caracteristicile regimurilor asimetric şi deformant, se poate aborda printr-o metodă comună celor două regimuri. Astfel, regimul asimetric se caracterizează prin gradul de disimetrie şi se studiază prin metoda componentelor simetrice, iar regimul deformant se caracterizează prin indici sintetici (reziduu deformant, putere deformantă, coeficient de distorsiune etc.) şi se studiază prin metoda descompunerii armonice în serie Fourier. Amîndouă metodele presupun valabil principiul suprapunerii efectelor şi în amîndouă cazurile se operează cu mărimi periodice, sinusoidale. De aceea se consideră indicat, pentru studiul regimului asimetric şi cu caracter deformant, să se descompună mai întîi în serie Fourier mărimea (curentul, tensiunea) periodică nesinusoidală, obţinîndu-se astfel o serie de termeni cu un anumit spectru de frecvenţe, însă pentru o frecvenţă dată, de amplitudini şi argumente diferite pe cele trei faze ; în continuare va trebui să se descompună fiecare grup de termeni ai acestor trei serii corespunzătoare celor trei faze în componente simetrice de secvenţă directă, inversă şi homopolară.

În acest fel, dacă n este numărul armonicilor din seria Fourier care trebuie luate în considerare, rezultă că va trebui să se analizeze $3n$ regimuri, dintre care un regim sincron, şi $3n$-1 regimuri asincrone pentru maşina sincronă şi $3n$ regimuri asincrone pentru maşina asincronă.

2.1.2. Pentru cazul simplu, generator — consumator — linie, problema determinării asimetriilor şi distorsiunilor — cînd se cunosc tensiunile electromotoare şi parametrii generatorului, liniei şi receptorului —, deşi complicată, totuşi, în general, poate fi rezolvată analitic [2], [3]. Cînd schema este mai complexă, generatoarele sînt mai multe, de construcţie diferită şi plasate în diferite puncte ale sistemului, liniile formează bucle, iar consumatorii (liniari, simetrici, neliniari şi asimetrici) dispersaţi în tot sistemul, determinarea analitică a distorsiunilor şi asimetriilor unei anumite mașini este practic imposibilă. În acest caz, care corespunde mai mult realității, problema se rezolvă prin oscilografierea curbei curenților și tensiunilor la bornele mașinii în studiu; din curbele înregistrate și etalonate se determină, pe baza descompunerii în serie armonică, amplitudinea și faza fiecărei armonici prezente în curba respectivă; cunoscînd pentru fiecare armonică amplitudinea și argumentul pe cele trei faze, se pot determina prin calcul sau prin construcție grafică componentele sistemelor simetrice de secvență directă și inversă și a sistemului homopolar pentru armonica respectivă. În acest fel se obțin toate datele exterioare care permit amorsarea studiului comportării mașinii în regim de sarcină dezechilibrată și nesinusoidală.

2.1.3. Asimetriile și distorsiunile curenților influențează regimul de funcționare a generatoarelor sincrone, și de aceea acestea, în general, au fost normate. Normele noastre [4] specifică că pentru generatoarele și compensatoarele sincrone se admite funcționarea de durată la sarcină nominală și dezechilibrare pe faze, fără ca dezechilibrul să depășească 10% din curentul nominal al statorului pentru turbogeneratoare și generatoare acționate de motoare Diesel și 20% pentru hidrogeneratoare. În nici o fază, însă, curentul nu trebuie să depășească valoarea nominală. Aceasta ar corespunde unui grad de disimetrie I_i/I_n de $\approx 5\%$, respectiv $\approx 10\%$.

În cazul unor sarcini mai mici, asimetria admisibilă a curenților din stator poate fi mărită funcție de încălzirea înfășurării rotorice și de vibrațiile generatorului.

Aceleași instrucțiuni nu cuprind nici o referință privitoare la funcționarea generatoarelor sincrone în regim de sarcină deformantă.

Completările și schimbările în instrucțiunile [5] permit funcționarea de durată a generatoarelor la sarcină redresoare, cu condiția ca armonicile superioare de curent de ordinul 5 și 7 să nu depășească 4%, respectiv 3% din curentul nominal pentru turbogeneratoare și 7%, respectiv 6% din curentul nominal pentru hidrogeneratoare și compensatoare sincrone.

Normele VDE-0530 (par. 40 C) [6] prevăd pentru turbogeneratoare de putere pînă la 100 MW o funcționare de durată a acestora cu sarcină cu un grad de disimetrie $I_i/I_n \leqslant 12{,}5\%$.

Motoarele asincrone, prin faptul că au rotorul executat din tole și înfășurarea rotorică suficient de puternică pentru a prelua solicitările suplimentare produse de cîmpurile parazite ce apar la încărcări asimetrice și cu caracter deformant, nu au prevăzute norme speciale privind valorile disimetriilor și distorsiunilor tensiunii de alimentare, însă se asimilează de obicei consumatorilor comuni, pentru care $\varepsilon_u = U_i/U_n \leqslant 0{,}05$ și $K_{du} \leqslant 0{,}05$. Pentru aceste valori, cuplul la arborele mașinilor asincrone scade cu 10–15% dacă se ia ca referință curentul sau tensiunea pe faza cea mai încărcată. Deoarece cuplul la arbore depinde de gradul de disimetrie, după o lege ce poate fi aproximată cu o funcție exponențială (exponentul este cuprins între 2 și 3,5), rezultă că pentru valori mai mari ale gradului de disimetrie scăderea cuplului util devine tot mai accentuată; astfel pentru $\varepsilon_u \approx 0{,}07$ scăderea cuplului poate fi de 20–25%.

Obiectivele practice avute în vedere la efectuarea măsurătorilor și prelucrărilor oscilogramelor au impus o cale de mijloc pentru rezolvarea problemei perturbațiilor provocate de tracțiunea electrică regimurilor de funcționare a mașinilor de curent alternativ.

Astfel, pentru disimetrii și distorsiuni moderate s-au cumulat valorile măsurate sau calculate $\varepsilon_i\,(\alpha_i)$ și K_{di} raportate la valorile admisibile, iar valoarea rezultată s-a comparat cu solicitarea suplimentară fictivă admisibilă măsurată în procente.

Pentru cazul cînd valoarea rezultată ar fi depășit solicitarea suplimentară fictivă admisibilă, s-au avut în vedere măsurători mai detaliate și un calcul analitic al proceselor prezente în aceste condiții în mașinile de curent alternativ.

2.2. *Calculul preliminar al efectelor tracțiunii electrice asupra generatoarelor sincrone de la centrala hidroelectrică Moroeni*

2.2.1. Calculul exact al repartiției pe generatoare a sarcinii asimetrice și nesinusoidale produsă de calea ferată electrificată nu poate fi efectuat decît cu oarecare erori cu ajutorul meselor de calcul. De aceea, cu datele obținute în probele prezentate anterior și în [1], s-a făcut un calcul estimativ al solicitărilor suplimentare ale hidrogeneratoarelor sincrone de la Moroeni.

Conform schemei prezentate în [1], alimentarea sistemului de bare de 110 kV în stația I-Brașov se face prin patru linii electrice de transport: o linie de la Moroeni, una de la Florești și două de la Fîntînele.

Pentru aflarea puterii preluate de LET Moroeni din puterea solicitată de sarcina CFR se utilizează coeficienții de disimetrie determinați la paragraful 1.2, recalculați după relația ponderată:

$$\underset{\sim}{\alpha}_{iM} = \frac{\alpha_{iM} I_{nM}}{\alpha_{iM} I_{nM} + \alpha_{iFl} I_{nFl} + 2\,\alpha_{iFn} I_{nFn}} =$$

$$= \frac{15 \times 300}{15 \times 300 + 15 \times 300 + 2 \times 5 \times 4000} = 33{,}3\%.$$

Calculînd pentru puterea de 32 MVA, corespunzător puterii instalate în cele două transformatoare din stația I-Brașov, rezultă pe linia Moroeni o putere

$$S_{LET\,M} = \underset{\sim}{\alpha}_{iM} S_{max} \frac{1}{100} = 33{,}3 \times 32 \times$$

$$\times \frac{1}{100} = 10{,}67 \text{ MVA}.$$

2.2.2. În stația Moroeni – Dobrești, nesimetria și distorsiunile se distribuie între generatoare și sistem; dacă se presupune că această distribuție se face invers proporțional cu reactanțele tranzitorii echivalente, deci proporțional cu puterile de scurtcircuit (a căror valoare este calculată de Dispecerul național pe masa de calcul), rezultă că cele două centrale preiau o putere suplimentară:

$$\Delta S_{M\text{-}D} = \frac{S_{LET\,M} S_{sc\,M\text{-}D}}{S_{sc\,bare}} = \frac{\underset{\sim}{\alpha}_{iM} S_{max} S_{sc\,M\text{-}D}}{100\, S_{sc\,bare}} =$$

$$= \frac{33{,}3 \times 32 \times 120}{100 \times 1070} = 1{,}20 \text{ MVA}.$$

Pe un grup de 9,4 MVA din centrala Moroeni va reveni o putere proporțională cu ponderea acestui generator în cele două centrale, adică:

$$\Delta S_G = \Delta S_{M\text{-}D} \frac{S_{VG}}{S_{\Sigma M\text{-}D}} = 1{,}20 \frac{9{,}4}{35{,}8} = 0{,}315 \text{ MVA}.$$

Curentul suplimentar pe fazele R și S pe partea de 110 kV, pentru un generator, va fi:

$$\Delta I_R = \Delta I_S = \frac{S_G}{U} = \frac{0{,}315 \times 10^6}{110 \times 10^3} = 2{,}87 \text{ A}.$$

Pe faza T, curentul va fi nul: $I_T = 0$ și, descompunînd în componente simetrice, rezultă:

$$|\Delta I_d| = |\Delta I_i| = \frac{I_R}{2 \cos \pi/6} = \frac{2{,}87}{\sqrt{3}} \approx 1{,}66 \text{ A}.$$

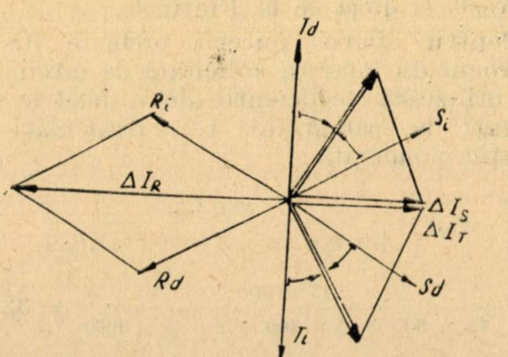


Fig. 6. Diagrama fazorială a curenților suplimentari la sarcină nominală, ai generatorului de la hidrocentrala Moroeni.

Deoarece transformatoarele stației 115/6,3 kV sînt cu conexiunea Y D 11, rezultă următorii curenți suplimentari pe fazele hidrogeneratorului (figura 6):

$$\Delta I_A = \frac{115}{\sqrt{3} \times 6{,}3} [-\sqrt{3}\, \Delta \underline{I}_{Rd}^{+j30°} - \sqrt{3}\, \underline{I}_{Ri}^{-j30°}] =$$

$$= \frac{115}{6{,}3} 1{,}66\, [-\varepsilon^{-j30°+j30°} - \varepsilon^{+j30°-j30°}] = 60{,}6\ A;$$

$$\Delta I_B = \frac{115}{\sqrt{3} \times 6{,}3} [-\sqrt{3}\, \Delta \underline{I}_{Sd} \varepsilon^{j30} - \sqrt{3}\, \Delta \underline{I}_{Si}\, \varepsilon^{-j30}] =$$

$$= \frac{115}{6{,}3} 1{,}66\, [-\varepsilon^{j(90+30)} - \varepsilon^{j(270-30)}] =$$

$$= \frac{115}{6{,}3} 1{,}66 \left[-\left(-\frac{1}{2}\right) - \left(-\frac{1}{2}\right)\right] = 30{,}3 \text{ A}$$

și

$$\Delta I_C = \frac{115}{\sqrt{3} \times 6{,}3} [-\sqrt{3}\, \Delta I_{Td}\, \varepsilon^{j30} - \sqrt{3}\, \Delta I_{Ti}\, \varepsilon^{-j30}] =$$

$$= \frac{115}{6{,}3} 1{,}66\, [-\varepsilon^{j(210+30)} - \varepsilon^{+j(150-30)}] =$$

$$= \frac{115}{6{,}3} 1{,}66 \left[-\left(-\frac{1}{2}\right) - \left(-\frac{1}{2}\right)\right] = 30{,}3 \text{ A}.$$

Disimetria pe fundamentală, în consecință, rezultă:

$$\frac{I_i}{I_n} 100 = \frac{1{,}66 \frac{115}{6{,}3}}{863} 100 = 3{,}50\%,$$ adică mult mai mică decît valoarea admisibilă de durată, care este de 10%.

2.2.3. Efectul suplimentar introdus de armonicile de curent se face în ipoteza că în studiul regimului asimetric nesinusoidal este aplicabil principiul superpoziției. Se consideră deci că prin generatorul sincron circulă, cu ponderea respectivă, toate armonicile cuprinse în curba mediată în [1], tabelul 4, raportate mai întîi la curentul suplimentar și apoi la curentul nominal al generatorului. Respectînd condiția ca, pe fiecare fază, curentul să nu depășească valoarea efectivă nominală și dacă se are în vedere că statorul este executat din tole izolate între ele, rezultă cu destulă precizie că înfășurarea indusului nu se va încălzi suplimentar.

Ceea ce limitează durata de funcționare a mașinii sincrone în regim deformant este încălzirea rotorului; la această încălzire suplimentară nu participă curenții homopolari de frecvența fundamentalei, a armonicii 3 și multiplu de 3, deoarece cîmpurile produse de acești curenți din înfășurarea statorului străbat numai întrefierul și participă numai la producerea fluxului de scăpări, deci nu pătrund în rotor.

Rezultă că numai armonicile de ordinul $= 2m \pm 1 = 6k \pm 1$, adică armonicile 5, 7, 11, 13 etc., produc cîmpuri care străbat rotorul şi care induc în circuitele rotorului t.e.m. şi curenţi ce încălzesc înfăşurările şi corpul rotorului.

Cu datele din [1] (tabelul 4), vom aprecia solicitarea rotorului în comparaţie cu normele [5] pentru armonicile de ordinul 5 şi 7.

Curentul maxim pentru care se calculează armonicile în generator este pe faza' A, fiind $I = 60{,}6$ A.

Raportînd la curentul nominal, se obţine :

$$\frac{I_5}{I_n} = \frac{I_A g_5}{I_n} = \frac{60{,}6 \cdot 6}{863 \cdot 100} = 0{,}42,$$

valoare inferioară normei care, pentru hidrogeneratoare, prevede ca $I_5/I_n \leqslant 7\%$.

Pentru armonica 7 se obţine :

$$\frac{I_7}{I_n} = \frac{I_A g_7}{I_n} = \frac{60{,}6 \cdot 6}{863 \cdot 100} = 0{,}42,$$

care de asemenea este mult inferioară valorii admisibile de 6%.

Ponderea armonicilor 11 şi 13 nu este normată ; probabil că sarcina redresoare este suficient caracterizată de armonicile 5 şi 7.

2.2.4. Deoarece s-a presupus valabil principiul suprapunerii efectelor componentei inverse şi a armonicilor, să calculăm în procente solicitarea suplimentară a hidrogeneratorului funcţionînd în sarcină asimetrică, nesinusoidală ; solicitarea totală, în procente, va fi suma ponderată :

$$\frac{I_i/I_n}{(I_i/I_n)_{adm}} 100 + \frac{I_5/I_n}{(I_5/I_n)_{adm}} 100 + \frac{I_7/I_n}{(I_7/I_n)_{adm}} 100 =$$

$$= \frac{0{,}0235}{0{,}10} 100 + \frac{0{,}0042}{0{,}07} 100 + \frac{0{,}0042}{0{,}06} 100 = 48\%.$$

Rezultă deci că solicitarea compusă a rotorului nu depăşeşte valoarea admisibilă.

2.2.5. În cazul în care în staţia Braşov două linii electrice de 110 kV sînt decuplate, celelalte două rămase în funcţiune preiau toată sarcina monofazată a tracţiunii electrice, pe care parţial o transferă generatoarelor de la capătul liniilor.

Din calcule şi prin extrapolarea rezultatelor măsurătorilor făcute la sarcina de aproximativ 40% S_n, prezentate anterior, a reieşit că pentru $S = S_n = 32$ MVA (23 MW) generatoarele de la hidrocentrala Moroeni depăşesc valorile admisibile cumulate (disimetrie şi distorsiuni) cu 12%. Deoarece în această schemă şi pentru puterea indicată mai sus nu s-au putut face înregistrări, s-a recomandat ca sarcina CFR să fie limitată la 23 MVA, cînd din cele două linii rămase în funcţiune face parte cel puţin una dintre liniile Braşov — Moroeni sau Braşov — Floreşti. Restricţia ar rămîne valabilă pînă la efectuarea de probe la puterea de 32 MVA şi va putea fi ridicată treptat, pe măsură ce puterea sistemului şi consumul vor creşte.

2.3. *Rezultate experimentale*

Din măsurătorile anterioare a reieşit ca indicat să se efectueze probe la Moroeni şi Floreşti care să releve în ce măsură tracţiunea electrică influenţează regimurile generatoarelor sincrone din aceste centrale. În acelaşi timp se urmărea o confruntare între rezultatele măsurătorilor şi calculelor preliminare.

2.3.1. La probele de la Moroeni s-au oscilografiat curenţii pe linia electrică de transport dinspre Braşov, curenţii pe fazele generatorului sincron şi curentul de excitaţie. Oscilograma reprodusă în figura 7 *a* corespunde cazului cînd fiderele de alimentare a căii ferate în staţia Valea Largă erau decuplate, iar în Braşov curentul absorbit era practic nul. Curenţii pe linie ($I_R = I_S = I_T = 150$ A) au fost înregistraţi în partea superioară a oscilogramei, curenţii statorului generatorului ($I_A = I_B = I_C = 760$ A) în partea inferioară a oscilogramei şi curentul din înfăşurarea de excitaţie de pe rotor ($I_{rot} = 345$ A) — în oscilogramă apare dinţat — a fost înregistrat în apropierea liniei de simetrie a curbelor curenţilor din linie ; linia de zero a curentului rotoric este trasată în apropiere de marginea de jos a oscilogramei.

Curenţii sînt perfect simetrici, atît pe linie, cît şi în statorul generatorului ; defazajele dintre curenţii omologi ai generatorului şi liniei se explică prin grupa de conexiune a transformatorului (YD 11) şi prin reactanţa transformatorului însuşi. Pentru aceeaşi schemă şi sarcini diferite s-au făcut mai multe înregistrări, dintre care se prezintă oscilograma din figura 7 *b* pentru sarcina $I_{RS} = 2 \times 40$ A şi oscilograma din figura 7 *c* pentru sarcina $I_{RS} = 2 \times 50$ A. Pentru aceste cazuri s-au obţinut dezechilibre de curenţi de 3,3%, respectiv 9,3% pentru LET şi 2,0%, respectiv 3,4% pentru generatorul sincron. În tabela 3 se prezintă rezultatele analizei armonice a curbelor din figurile 7 *a* şi *b*.

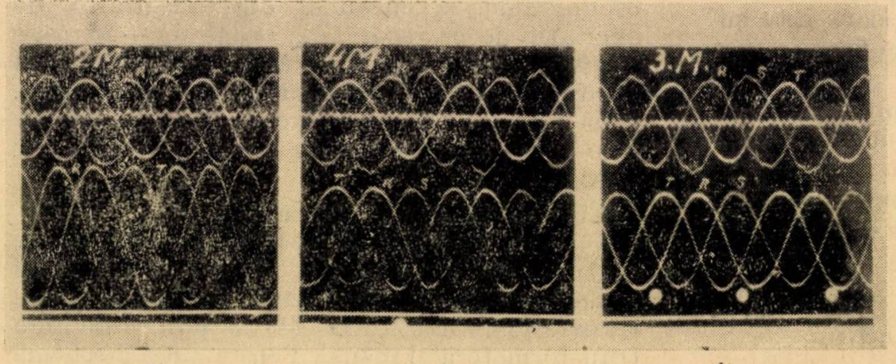
Rezultatele obţinute anterior în 2.2. se abat uşor, în plus, faţă de cele obţinute mai sus, prin prelucrarea oscilogramelor. Se poate trage concluzia că metoda de calcul utilizată poate să-şi găsească aplicare în calculele estimative.

La probele de la Floreşti s-au oscilografiat curenţii din înfăşurările statorului şi tensiunea la inelele rotorului generatorului sincron de 5,25 MVA, 5,25 kV şi $\cos \varphi = 0{,}6$ (nu s-a înregistrat curentul de excitaţie deoarece şuntul era greu accesibil). Pe oscilograme s-a trasat şi linia de zero pentru tensiunea rotorului. În figura 8 se prezintă oscilogramele înregistrate

Tabela 3

Armonica / Mărimea	1 A	φ_1 grade	3 %	5 %	7 %	9 %	11 %	13 %	I_{ef} %
(referitor la figura 7 *a*)									
I_{R110}	150	239	1,36	1,88	0,87	1,32	1,53	1,71	100,10
I_{S110}	150	358	1,04	2,67	1,44	0,96	0,40	0,40	100,10
I_{T110}	150	119	4,03	1,48	1,76	0,60	0,18	0,51	100,20
$I_{A\,Gs}$	760	40,6	1,25	1,46	1,17	0,81	0,47	0,39	100,01
$I_{B\,Gs}$	760	145	0,50	0,39	1,47	1,02	1,02	0,47	100,50
$I_{C\,Gs}$	760	265	0,59	1,08	0,30	0,19	0,19	0,48	100,01
(referitor la figura 7 *b*)									
I_{R110}	160	121,5	1,36	1,28	0,68	2,17	0,36	0,92	100,05
I_{S110}	161	246	3,69	1,87	0,79	1,24	1,21	1,02	100,09
I_{T110}	151	359	0,90	0,90	1,31	0,81	0,45	0,72	100,10
$I_{A\,Gs}$	511	82	1,23	0,89	0,39	1,16	0,54	0,35	100,10
$I_{B\,Gs}$	507	198	2,51	1,46	0,75	0,45	1,31	0,52	100,01
$I_{C\,Gs}$	524	337	1,91	0,54	0,58	0,97	0,36	0,47	100,06

în situația cînd fiderele de alimentare a căii ferate, în stația Brașov, erau deconectate; se funcționa numai cu transformatoarele nr. 2 și 3 din stația Valea Largă.



a) *c)* *d)*

Fig. 7. Oscilogramele curenților pe linia de transport spre Brașov, curenților pe faze și curentului de excitație al generatorului de la hidrocentrala Moroeni: $a - I_{RS} = 0$; $b - I_{RS} = 2 \times 40$ A; $c - I_{RS} = 2 \times 50$ A.

În tabela 4 sînt notate valorile curenților înregistrați, armonicile prezente în fiecare curbă, dezechilibrul curenților și valoarea tensiunii de excitație. Curba tensiunii de excitație are un zgomot pronunțat, din cauza scînteierii la colector.

Curbele curenților se abat de la forma sinusoidală în toate cele trei cazuri, fapt care conduce la concluzia că abaterile sînt produse de însuși generatorul sincron; apariția sarcinii CFR practic nu influențează funcționarea generatorului de la centrala Florești.

Influența sarcinii monofazate asupra generatoarelor sincrone din subsistemul Brașov s-a urmărit numai pe generatoarele care în studiul ISPE [7] figurau cu cele mai mari dis-

Tabela 4
(referitor la figura 8)

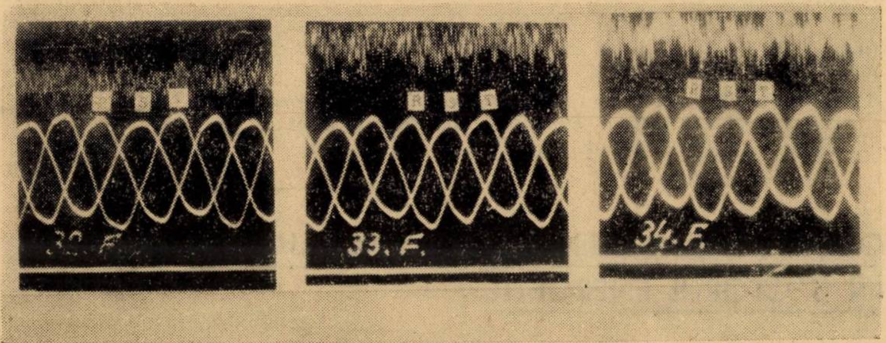
Armonica / Mărimea		1 A	3 %	5 %	7 %	9 %	11 %	13 %	I_{ef} %	α_i %	$I_{RS/Bv}$ A	$I_{RS/VL}$ A	I_{RT} A
32 F	I_R	100	3,14	2,49	1,52	0,24	0,48	0,24	100,05	0	0	2	0
	I_S	100	1,31	1,72	0,34	0,74	1,45	0,37	100,01				
	I_T	100	1,71	3,93	0,48	1,14	0,51	0,48	100,05				
33 F	I_R	98,2	4,1	3,31	1,34	0,47	0,68	0,18	100,10	0,45	0	120	0
	I_S	100,3	6,85	5,02	4,86	5,18	4,94	5,43	100,85				
	I_T	97,7	2,13	2,81	0,45	0,42	0,48	0,48	100,10				
34 F	I_R	98,6	3,6	3,35	1,13	0,14	0,635	0,28	100,15	0	0	48	90
	I_S	98,6	3,98	2,51	0,97	1,16	0,78	0,11	100,10				
	I_T	98,9	4,00	2,33	1,12	0,96	0,94	5,11	100,10				

torsiuni. Pentru aceasta s-au oscilografiat curenţii din stator pe toate cele trei faze şi curentul de excitaţie din rotor.

La Uzina I s-au făcut măsurători la generatorul sincron nr. 4 de 3,1 MW, 6,3 kV, iar la termocentrala de la Zărneşti pe generatorul sincron de $S_n = 8$ MVA, $U_n = 6{,}3$ kV.

Din prelucrarea oscilogramelor (fiind neinteresante, nu se mai prezintă în lucrare) a rezultat că sarcina monofazată CFR nu afectează generatoarele sincrone din subsistemul Braşov şi prin urmare calculele ISPE [7] pot fi considerate acoperitoare.

2.3.2. În calitate de consumatori s-au cercetat un motor sincron de 456 kW, 6 kV de la uzinele ,,Steagul Roşu'', un al doilea motor sincron de 459 kW, 6 kV de la uzina ,,Tractorul'' şi două motoare asincrone de la aceeaşi uzină (450 kW, 6 kV şi 300 kW, 400 V). Oscilogramele înregistrate pentru aceste motoare, în prezenţa şi în lipsa sarcinii monofazate CFR, au arătat că, practic, aceşti consumatori nu sînt influenţaţi de tracţiunea electrică.



a) *b)* *c)*

Fig. 8. Oscilogramele curenţilor statorului şi tensiunea la inelele rotorului generatorului sincron de la termocentrala Floreşti:
a – $I_{RS} = 2{,}0$ A, $I_{RT} = 0$; *b* – $I_{RS} = 120$ A, $I_{RT} = 0$; *c* – $I_{RS} = 48$ A, $I_{RT} = 90$ A.

Concluzii

Calea ferată electrificată reprezintă pentru sistemul electroenergetic un consumator important asimetric şi deformant.

Metoda de calcul analitic utilizată în studiu pentru determinarea distorsiunilor de tensiune şi curent pe barele staţiilor şi, respectiv, pe liniile electrice de transport dă rezultate orientative, însă suficiente pentru o primă aproximare.

Calculele şi măsurătorile dezechilibrului şi distorsiunilor de tensiune pe barele de 110 kV şi în staţiile Braşov şi Valea Largă au condus la valori inferioare celor permise de normele în vigoare. Pe barele de 35 kV şi 6 kV, influenţa tracţiunii electrice este neglijabilă.

Dezechilibrul maxim al curenţilor şi distorsiunile mai pronunţate se manifestă pe liniile Braşov — Floreşti şi Braşov — Moroeni şi cresc pe măsură ce puterea de scurtcircuit pe bare este mai mică, ca urmare a deconectării unor linii.

Funcţionarea generatoarelor sincrone cu sarcină deformantă este foarte puţin studiată şi nu este normată decît în instrucţiunile sovietice; pentru sarcină redresoare simetrică, aceste norme admit 4% pentru armonica de ordinul 5 şi 3% pentru armonica de ordinul 7 la turbogeneratoare şi, respectiv, 7% şi 6% la hidrogeneratoare şi compensatoare sincrone.

Studiul teoretic al regimului de funcţionare a generatoarelor sincrone cu sarcină nesimetrică şi nesinusoidală se poate face, cu ajutorul teoriei componentelor simetrice, pentru fundamentală şi pentru armonicile cu pondere mai mare.

Volumul mare de calcule şi dificultăţile ce se întîmpină în rezolvarea riguroasă a proceselor ce au loc în mediile neliniare feromagnetice la frecvenţe diferite fac preferabilă metoda cercetării experimentale sintetice, care, pe bază de măsurători electrice, termice şi mecanice, determină încărcările suplimentare ale elementelor active ale generatorului funcţie de mărimea componentei inverse a fundamentalei şi de mărimea componentelor directă şi inversă a celorlalte armonici.

Măsurătorile efectuate în sistem la o serie de maşini sincrone, turbogeneratoare, hidrogeneratoare şi motoare sincrone şi asincrone — care, conform calculelor şi măsurătorilor preliminare, ar fi fost cel mai mult afectate de sarcina monofazată deformantă CFR — au arătat că solicitarea suplimentară compusă, în ipoteza valabilităţii principiului suprapunerii efectelor, este inferioară normelor uzuale din ţara noastră şi mult inferioară garanţiilor fabricilor constructoare de turbo şi hidrogeneratoare. Extrapolînd rezultatele, reiese că şi pentru sarcina CFR prevăzută pe întreaga linie electrificată Braşov — Bucureşti (≈ 55 MVA) încărcarea suplimentară a maşinilor sincrone şi asincrone nu va depăşi valorile admise pentru fiecare maşină în parte.

Din calcule şi prin extrapolarea rezultatelor a reieşit că în cazul în care în staţia Braşov se funcţionează cu două linii decuplate, iar din cele două linii rămase în funcţiune face parte cel puţin una din liniile Braşov — Moroeni sau Braşov — Floreşti, sarcina CFR în Braşov trebuie limitată la 23 MVA pentru a nu periclita generatoarele de la Moroeni şi Floreşti. Restricţia rămîne valabilă pînă la efectuarea de probe la puteri CFR corespunzătoare şi va putea fi ridicată treptat, pe măsură ce puterea sistemului şi consumul vor creşte. Metoda analitică utilizată în lucrarea de faţă pentru predeterminarea încărcărilor suplimentare cumulate ale generatoarelor dă rezultate uşor acoperitoare şi este indicată în calculele estimative.

Bibliografie

[1] Creţu, D. şi Marini, G. *Caracteristicile electroenergetice specifice tracţiunii electrice în zona Braşov-Cîmpina.* Energetica 16 (1968), nr. 2.

[2] Kostenko, M. P. *Elektriceskie maşinî*, partea specială. GEI, M — L, 1949.

[3] Apetrei, C. şi Creţu, D. *Regimuri de funcţionare nesimetrică a generatoarelor sincrone în cazul sistemelor energetice locale.* St. Cerc. de Energ. VIII, 1958, nr. 4.

[4] . * . *Instrucţiuni pentru exploatarea generatoarelor sincrone*, nr. 8—57, OPED, 1957.

[5] . * . *Instrucţiuni pentru exploatarea şi repararea generatoarelor din centralele electrice*, GEI, 1961 ; Completări şi schimbări, Electriceskie stanţii nr. 6, 1963, p. 89—91.

[6] . * . *Norme VDE-0530* Vorschriften, 1959.

[7] Manolescu, G., Chirculescu, N. şi Rosenberg, O. *Studii tehnico-economice privind alimentarea cu energie electrică a substaţiei de tracţiune Valea Largă.* vol. II, Studiu ISPE, 1961.

(Articol intrat in redacţie la 22 septembrie 1967)

ORGANIZAREA ŞTIINŢIFICĂ A PRODUCŢIEI ÎN SECTORUL ENERGETIC

Studiu asupra posibilităţilor de utilizare a calculatoarelor electronice cifrice în tratarea şi depozitarea informaţiei privind normele de muncă

R. Drăguşanu *)

În acţiunea de perfecţionare a normării muncii, un rol important revine realizării unui echilibru cît mai bun între norme şi folosirii pentru elaborarea acestora a unui volum de muncă mai redus. Totodată se impune, din ce în ce mai mult, reducerea timpului de elaborare a normelor. Aceste cerinţe necesită studierea practicii folosirii maşinilor electronice de calcul.

În ţările avansate din punct de vedere industrial, conducerea procesului de producţie a devenit de neconceput fără un echipament electronic care să includă :

— un echipament de pregătire a datelor şi programelor :
— un echipament central de prelucrare (care include şi calculatorul) :
— un echipament terminal de culegere a datelor.

Prin intermediul acestuia din urmă, datele numerice privind situaţia producţiei, înscrise pe documente lizibile (fişe de pontaj, bonuri de materiale, fişe tehnologice, borderouri de documente etc.), sînt transpuse pe cartele sau benzi perforate şi trimise la centrul de calcul. Maşina electronică sortează, centralizează informaţiile (valorile numerice) primite, le prelucrează pe baza unor programe stabilite anterior : pe baza indicilor tehnico-economici astfel calculaţi, indică apoi deciziile ce trebuie luate în diferitele sectoare ale procesului de producţie. Toate valorile calculate sînt „memorate'' pe benzi magnetice sau păstrate în cartoteci.

Pentru transpunerea informaţiilor pe cartele perforate se folosesc diferite coduri (simboluri). O cartelă perforată la locul de muncă cuprinde în general :

— codul (simbolul) muncitorului sau al echipei ;
— codul lucrării ;
— codul operaţiei ;
— codul productivităţii evaluate ;
— codul de informare.

Importanţa stabilirii unor norme reale şi cît mai precise a impus utilizarea unor astfel de echipamente electronice pentru operativitate în determinarea normelor. În Italia, de exemplu, valorile de timp sînt înregistrate cu aparate speciale de înregistrat timpul de lucru, sub forma benzilor perforate, benzi care sînt apoi trimise la centrul de calcul. Calculatorul electronic acumulează în memorie datele numerice de pe bandă şi execută o succesiune de operaţii :

— numără frecvenţele de înregistrare ;
— calculează mediile aritmetice ponderate ale timpilor înregistraţi şi ale productivităţii evaluate ;
— interpolează diagrama timp — productivitate prin metoda celor mai mici pătrate ;
— determină erorile rezultatelor şi evaluărilor făcute de observator ;
— determină precizia statistică a datelor înregistrate ;
— calculează timpul mediu în cazul unei productivităţi normale, pentru fiecare element al operaţiei.

În prezent există două metode, principial diferite, de utilizare a echipamentului electronic în activitatea de normare :

— copierea la maşina electronică de calcul a metodologiei existente de calculare a normelor (în acest caz calculatoarele cifrice operează în aceeaşi succesiune ca şi în cazul metodelor manuale de calcul) ;

— elaborarea unei metodologii de calcul care să folosească cele mai noi metode matematice (programarea matematică, teoria servirii în masă etc.).

---

*) Radu Drăguşanu este matematician la Întreprinderea pentru raţionalizarea şi modernizarea instalaţiilor energetice.

În legătură cu aceste aspecte trebuie menţionat că eficacitatea economică a utilizării calculatoarelor electronice cifrice poate fi concretizată prin :

— reducerea volumului de muncă de normare (pentru calcule), precum şi a mijloacelor de muncă necesare acestei activităţi, creîndu-se astfel condiţii favorabile normatorilor pentru a se putea ocupa mai activ de problemele organizării muncii;

— urgentarea calculelor;

— îmbunătăţirea calităţii normării muncii datorită unei precizii mai mari a calculelor.

1. Metodologia de prelucrare a valorilor de timp operativ

În prezent, la Grupa de normare tehnică a muncii, se primesc valori ale timpului operativ de lucru, de la întreprinderile de electricitate şi întreprinderile de centrale electrice pentru activităţile de întreţinere şi reparaţii la :

— reţele aeriene de înaltă, medie şi joasă tensiune ;

— staţii electrice şi posturi de transformare :

— reclamaţii-deranjamente ;

— aparataj electric de semnalizare, de protecţie şi măsură (PRAM) ;

— echipament electric în centrale ;

— cazane şi turbine termo şi hidroenergetice ;

— aparataj electric de semnalizare, protecţie şi măsură (PRAM şi ATT) ;

totalizînd 3124 operaţii.

Valorile timpului de lucru şi timpului auxiliar sînt înscrise pe :

— fişe de fotocronometrare a zilei de lucru (FZL) ;

— fişe de autofotografiere a lucrării (sau zilei de lucru) ;

— formularea pentru metoda observării simplificate (într-o cantitate mai mică).

Toate datele sînt prelucrate manual fişă cu fişă, apoi sînt trecute, sub formă de şiruri numerice ale timpilor de lucru observaţi, în formulare centralizatoare.

Metodologia de elaborare a normativelor cere ca, din valorile timpului de lucru la o singură operaţie, să se alcătuiască şiruri numerice cu un minim de valori stabilit în funcţie de caracterul producţiei. Pentru fiecare sector se alcătuieşte un astfel de şir, dar unele valori, care pot fi eronate, trebuie eliminate. Abaterea medie maximă admisibilă pentru un şir numeric fiind ε, nu vor fi luate în considerare acele elemente din şir care nu satisfac relaţiile :

$$a_{med}\left(1-\frac{\varepsilon}{100}\right) \leqslant a_i \leqslant a_{med}\left(1+\frac{\varepsilon}{100}\right), \qquad (1)$$

a_i fiind elementul i al şirului numeric, iar a_{med} valoarea medie.

Mărimea ε variază în limitele 10—50%, în funcţie de caracterul producţiei şi ordinul de mărime al timpului de lucru.

Metodologia nu precizează valorile lui ε, dar indică, sub formă de tabele, valorile coeficientului de stabilitate admisibil :

$$C_{sa} = \frac{100+\varepsilon}{100-\varepsilon},$$

astfel că relaţiile (1) devin :

$$\frac{2a_{med}}{1+C_{sa}} \leqslant a_i \leqslant \frac{2a_{med}}{1+C_{sa}}\, C_{sa}. \qquad (2)$$

Valorile care nu satisfac inegalităţile (2) sînt eliminate. În cazul eliminării a mai mult de 1/3 din numărul de valori, şirul numeric se consideră necorespunzător şi este necesară efectuarea altor măsurători. Cu valorile medii ale şirurilor astfel omogenizate se alcătuieşte un şir al valorilor medii, care se prelucrează identic, dar cu altă valoare a coeficientului de stabilitate, C'_{sa}. Media finală a şirului de valori medii omogenizat reprezintă normativul de timp (ore-om) pentru operaţia respectivă.

2. Posibilitatea utilizării calculatoarelor electronice cifrice cu memorie externă

Pentru efectuarea prelucrărilor şi elaborarea—conform acestei metodologii—a normelor de timp cu ajutorul calculatoarelor numerice (cifrice) (CEN), este necesară alcătuirea unui

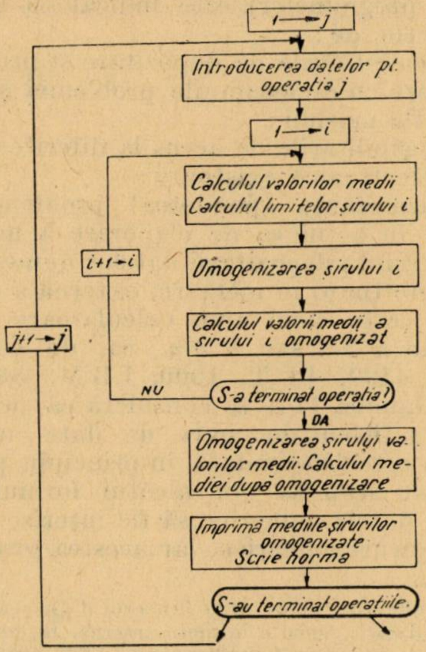

1 → j
Introducerea datelor pt. operaţia j
1 → i
Calculul valorilor medii
Calculul limitelor şirului i
i+1 → i
Omogenizarea şirului i
j+1 → j
Calculul valorii medii a şirului i omogenizat
NU
S-a terminat operaţia?
DA
Omogenizarea şirului valorilor medii. Calculul mediei după omogenizare
Imprimă mediile şirurilor omogenizate
Scrie norma
S-au terminat operaţiile.

Fig. 1. Schema-bloc a programului de prelucrare a valorilor de timp pentru mai multe operaţii.

program de desfășurare a calculelor. Acest program trebuie să cuprindă :

1) introducerea cartelelor sau benzilor cu valorile numerice în memoria rapidă a mașinii de calcul;

2) calcularea valorilor medii pentru fiecare șir în parte;

3) calcularea valorilor-limită admisibile și omogenizarea șirurilor numerice;

4) calcularea valorilor medii ale șirurilor omogenizate, memorarea (sau scrierea) lor;

5) omogenizarea șirului de valori medii și calcularea mediei pe operație :

6) tipărirea rezultatelor (normelor de timp) și eventual depunerea lor în memoria externă. Aceasta în cazul copierii la mașina electronică de calcul a metodologiei „manuale'' de calculare a normelor. În ultimul timp însă, în activitatea de normare, o aplicare din ce în ce mai largă o au metodele matematice, care în majoritatea cazurilor cer calcule laborioase :

— metoda indicatorului corelației;
— metoda criteriului X^2;
— teoria servirii în masă ;
— metodele de simulare ;
— metoda celor mai mici pătrate;
— metoda drumului critic, metoda PERT etc.

Aplicarea individuală sau combinată a acestora la studierea valorilor statistice de timp și la prelucrarea lor este în cele mai multe cazuri condiționată de utilizarea unor calculatoare electronice. Se pune însă problema (în special la normare, unde volumul datelor numerice diferă, cu metoda de observare a timpului de lucru și cu caracterul producției) unei folosiri raționale a mașinii de calcul. Pentru aceasta s-a considerat că alcătuirea algoritmelor de calcul (a programelor) este indicat să aibă loc în funcție de :

— posibilitățile de depozitare și prelucrare, în raport cu dimensiunile problemei și caracteristicile mașinii :

— posibilitățile de acces la diferite calculatoare electronice existente :

— importanța (ponderea) problemei respective în acțiunea de elaborare a normelor.

În privința depozitării datelor numerice (valorilor de timp) în memoria externă a calculatorului (este cazul unor calculatoare din generațiile a 2-a sau a 3-a, ca, de exemplu : Elliott 4120, I.C.T. 1900, I.B.M. 360, Bull G.E. Gamma 115) se consideră că pentru un volum suficient de mare de date numerice aceasta este deocamdată în principiu posibil*). În acest scop se pot alcătui formulare-tip, în care datele numerice să fie înscrise sub formă de șiruri numerice, iar acestea grupate pe operații. Pe de altă parte, prin stabilirea unui cod corespunzător—care să permită precizarea (identificarea) valorii din șirul respectiv al operației, și, dacă este cazul a factorului de influență și activității ce se normează—datele numerice se pot înregistra pe cartele perforate.

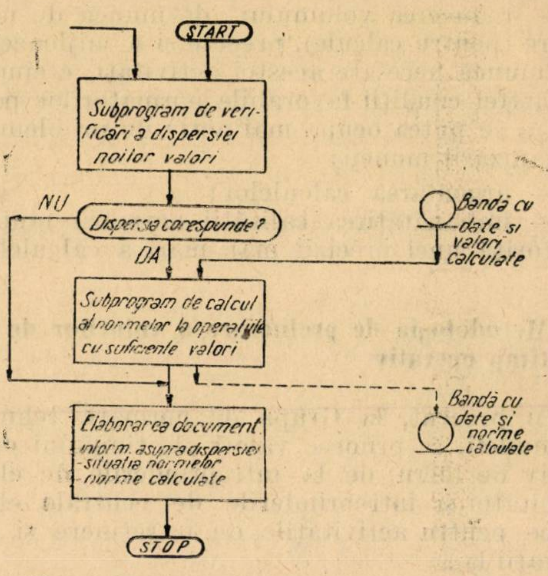

START
Subprogram de verificări a dispersiei noilor valori
NU
Dispersia corespunde?
DA
Bandă cu date si valori calculate
Subprogram de calcul al normelor la operațiile cu suficiente valori
Bandă cu date si norme calculate
Elaborarea document
-inform. asupra dispersiei
-situația normelor
-norme calculate
STOP

Fig. 2. Schema-bloc de desfășurare a calculelor normativelor de timp.

Acest mod de transmitere a informației ar beneficia de posibilitatea selectării (eliminării) valorilor necorespunzătoare și a corectării cu ușurință a greșelilor de perforare, dar ridică problema existenței unei aparaturi speciale de înregistrare a timpului de lucru la sursele de informație.

Benzile sau cartelele urmează a fi introduse în calculator, care, prin program, verifică încrederea ce trebuie acordată datelor numerice (prin analiza dispersiei valorilor cu metoda coeficientului de stabilitate sau a indicelui de dispersie). Programul urmează să execute :

— introducerea noilor date numerice în memoria mașinii;

— analiza posibilității de calculare a unor norme ; calcularea normelor pentru care există suficiente valori (conform metodologiei) ale timpului de lucru observat;

— afișarea rezultatelor (normativelor calculate) și a unor informații relativ la celelalte operații nenormate ; reactualizarea benzii cu date numerice și valori normative calculate.

Este de menționat că posibilitățile de înregistrare pe benzi magnetice sînt aproape nelimitate, o unitate de memorie (o rolă de bandă) conținînd milioane de caractere ; deci volumul de numere ce pot fi memorate este de ordinul sutelor de mii*).

---

*) Calculatorul Elliott 4120 din cadrul Dispecerului național utilizează numai o memorie internă. În țara noastră, calculatoare cu memorii auxiliare sînt : I.C.T. 1900 (Direcția Centrală de Statistică), integral ocupat cu probleme de recensămînt, Elliott 803 de la Combinatul siderurgic Hunedoara.

*) O rolă cu 3,5 milioane de caractere are (pentru o bandă cu șase piste) aproape 600 000 de cuvinte.

Programele pot fi scrise în general în limbaje algoritmice (ALGOL 60, FORTRAN etc.).

În figura 2 este dată o schemă-bloc a desfășurării calculelor în succesiunea de mai sus.

Din cele enunțate se poate conchide că avantajele principale ale utilizării calculatoarelor cu memorii auxiliare pe benzi sau discuri magnetice se referă la :

— posibilitatea memorării unor date numerice și a unor valori normative calculate pe o perioadă relativ mare de timp ;

— reducerea volumului de timp și o mai mare operativitate în acțiunea de stabilire a normelor ;

— reducerea volumului de documentație de birou.

3. Program de calcul în cod-mașină (CIFA—102) pentru prelucrarea valorilor de timp de lucru

Exploatarea rațională a unui calculator electronic cifric cu o memorie internă de capacitate mare (peste 32 000 de adrese) este condiționată, în cazul de față, de existența sau nu a memoriilor lente (externe). În lipsa acestora și în cazul unor probleme de dimensiuni relativ mici*), este indicată utilizarea unor mașini electronice ce calcul a căror memorie operativă să poată fi integral sau optim ocupată de programul și valorile numerice ale problemei respective. Datele numerice urmează a fi păstrate pe formulare-tip, ușor de manevrat și corespunzător codificate.

În cele ce urmează se dă un exemplu de astfel de program, realizat în codul mașinii CIFA—102.

Mașina de calcul CIFA-102 dispune de o memorie operativă pe tambur de 4096 adrese, iar viteza de lucru este de 50 de operații (în medie) pe secundă. Valorile numerice și programul pentru prelucrarea lor se introduc pe benzi perforate, iar rezultatele se tipăresc la mașina de scris electrică.

a) *Organizarea memoriei*

În acțiunea de strîngere a datelor pentru o operație ce se normează pot exista date numerice într-un volum foarte mare, iar pentru altă operație o cantitate mai mică de valori. Apreciind că maximul numărului de elemente din șir poate fi 127, iar maximul numărului de șiruri 30, pentru datele numerice atribuite unei operații sînt necesare 3840 de adrese. Se menționează, cu privire la această dimensionare, că la data formulării acestui program s-a avut în vedere posibilitatea aplicării în elaborarea normativelor a metodei observării simplificate, care de regulă furnizează un număr mai mare de valori de observare a timpului de lucru. Programul propriu-zis cuprinde 158 de adrese, iar celelalte 98 sînt completate de programul pentru sumă dublă de control și adresele de lucru.

b) *Descrierea programului*

Pe bandă se introduc datele numerice pentru cît mai multe operații, urmînd ca banda să fie citită pe porțiuni pe măsură ce sînt scrise rezultatele.

Deoarece volumul de date variază de la șir la șir, mașina trebuie să numere elementele, ținînd seamă că toate sînt strict pozitive. Pentru aceasta, înainte de a comanda citirea benzii, programul comandă anularea adreselor rezervate datelor.

Numărul n al șirurilor și numărul de ordine k al operației se introduc în adresa 7777 sub forma :

7777 00-000k 00-000n

Pentru calculul mediei valorilor se folosește formula iterativă :

$$M_{i+1} = M_i + \frac{1}{l_j} a^j_{i+1} \qquad (3)$$

unde

M_i este media primelor i elemente,
l_j — numărul valorilor diferite de zero, cărora li se calculează media ;
a^j_i — elementul i din șirul j.

Calculul cu ajutorul relației (3) evită folosirea unui factor prea mic de normalizare care ar afecta precizia.

Adresarea la elementul a^j_i are loc prin formarea instrucțiunii respective. Acest lucru este posibil deoarece șirurile numerice se introduc începînd cu adresele 0001, 0201, 0401,. . ., 7201, astfel că adresa elementului a^j_i este (j-1) 200 + i.

Elementele fiecărui șir sînt comparate pe rînd cu limitele inferioară și superioară, adresele celor necorespunzătoare fiind anulate. Numărul acestora din urmă trebuie comparat cu 1/3 din numărul inițial al elementelor, astfel că de fiecare dată se calculează prin program : $N = \frac{1}{3}$.

Deoarece l_j se formează prin adunarea repetată a numărului 2^{-16}, împărțirea cu 3 este însoțită de o deplasare la dreapta cu două poziții binare pentru a se obține partea întreagă a lui N în prima jumătate a cuvîntului.

---

*) Este cazul activității de elaborare a normativelor pe baza unor șiruri numerice de 100—200 valori ; în prezent, la G.N.T.M., pentru activitatea de întreținere și reparații, șirurile numerice au în medie un maxim de 15—20 de valori. Sub această formă, în care activitatea de birou constă nu în calculul propriu-zis, ci în extragerea valorilor numerice din fișele de fotografiere a zilei de lucru, utilizarea calculatoarelor electronice nu poate aduce avantaje.

Media șirului de valori medii se calculează tot cu relația (3). Afișarea rezultatelor (anexa 2) se face astfel :

— codul operației și numărul de șiruri ;
— media fiecărui șir omogenizat și numărul elementelor rămase în șir după omogenizare ;
— media pe operație.

În caz că dintr-un șir sau din șirul valorilor medii au fost eliminate mai mult de 1/3 din numărul inițial de valori, mașina de scris bate zero, astfel că poate fi identificat șirul sau operația necorespunzătoare.

Deși cu acest program nu s-au efectuat pînă în prezent calcule de normative, întrucît activitatea de strîngere și centralizare a valorilor este încă în curs, a fost pusă problema timpului de lucru al mașinii. Pe valori reale, completate prin apreciere cu date numerice pînă la minimul cerut de metodologie, s-a urmărit durata de calcul, constatîndu-se că :

— timpul de lucru pentru o operație este de 2 min ;

— subprogramul de anulare a porțiunii rezervate datelor inițiale durează 5 minute ;

— timpul de citire a benzii este de 40—120 s, în funcție de volumul de date pentru operația (ansamblul de șiruri numerice) care se introduce în memorie.

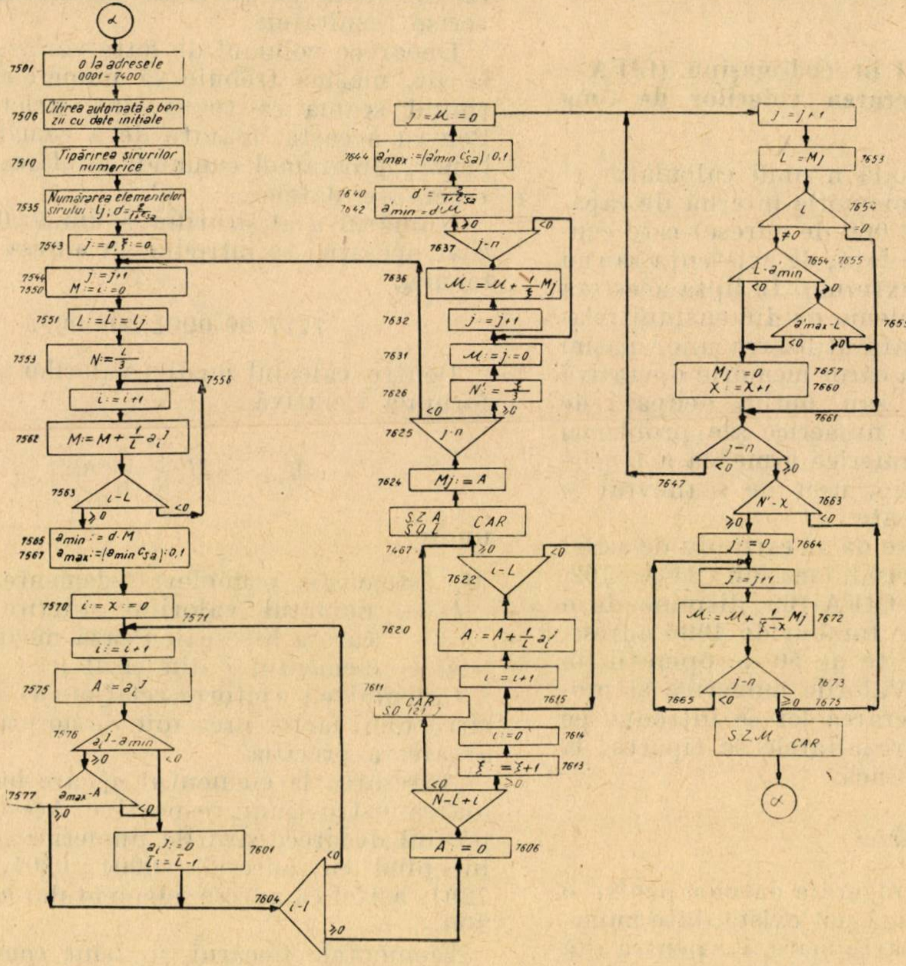

α
7501
0 la adresele 0001-7400
7506
Citirea automată a benzii cu date inițiale
7510
Tipărirea șirurilor numerice
7535
Numărarea elementelor șirului l_j
7543
j = 0, ξ = 0
7544
7550
j = j+1
M = i = 0
7551
L = l = l_j
7553
N = L/3
7556
i = i+1
7562
M = M + 1/L a_i^j
7563
i-L
≥0
<0
7565
7567
a_min = d·M
a_max = (a_min c_Sa) 0,1
7570
i = X = 0
7571
i = i+1
7575
A = a_i^j
7576
a_i^j - a_min
a_max - A
7577
a_i^j = 0
l = l-1
7601
7604
i-l
j = M = 0
7644
a'_max = (a'_min c_Sa) 0,1
7640
7642
a'_min = d'M
7637
j-n
7636
M = M + 1/ξ M_j
7632
j = j+1
7631
M = j = 0
7626
N' = ξ/3
7625
j-n
7624
M_j = A
SZA
SOL
CAR
7467
7622
i-L
7620
A = A + 1/l a_i
i = i+1
7615
7611
CAR
SO 121
i = 0
7614
ξ = ξ+1
7613
N-L+i
A = 0
7606
j = j+1
L = M_j
7653
L
7654
≠0
=0
L - a'_min
7655
a'_max - L
M_j = 0
X = X+1
7657
7660
7661
j-n
7647
N' - X
7663
j = 0
7664
j = j+1
M = M + 1/(ξ-X) M_j
7672
j-n
7673
7665
7675
SZM
CAR
α

Fig. 3. Schema logică a programului de calcul.

c) *Propunere privind modul de înregistrare a datelor*

Pentru micșorarea timpului afectat pregătirii benzii cu date inițiale este indicat ca valorile de timp obținute din fișele de fotografiere a zilei de lucru sau fișele de autofotografiere a lucrării să fie înregistrate pe un formular-tip care să permită înscrierea direct pe bandă a datelor. Un astfel de formular (alcătuit pentru fiecare operație în parte), purtînd codul operației respective, este arătat în anexa 1.

În scopul identificării cu ușurință a rezultatelor (normativelor calculate), codul operației se va înscrie în prima parte a adresei 7777, astfel :

— prima poziție octală a instrucțiunii rămîne liberă ;
— următoarele două poziții octale reprezintă denumirea codificată a activității normate ;
— următoarele două poziții octale reprezintă operația ;
— în sfîrșit, următoarea poziție octală — factorul de influență.

Controlul introducerii programului în calculator se face prin sumă dublă de control.

★

Utilizarea calculatoarelor electronice cifrice cu memorie operativă de capacitate mică (de exemplu CIFA-102 cu 4096 adrese), pentru elaborarea normelor, este posibilă şi poate aduce avantaje ca :

— reducerea volumului de calcule şi crearea de condiţii favorabile normatorilor, pentru a se putea ocupa mai activ de problemele de organizare a muncii ;

— reducerea timpului de calcul al normativelor ;

— precizie în calcularea normelor (de menţionat aici că nici un procedeu matematic sau mecanizat de calcul nu corectează erorile de măsurare a timpului de lucru).

Se menţionează totodată că folosirea maşinilor de calcul este justificată numai în cazul unei cantităţi substanţiale de date numerice (prelucrarea unor activităţi ale căror şiruri numerice să conţină peste 100 valori).

Depozitarea valorilor timpului de lucru observat, pe memorii auxiliare, este condiţionată de accesul timp îndelungat (ani de zile) la calculatoare dotate cu astfel de memorii ; calculatorul Elliott 4120 din cadrul dispecerului nu foloseşte în prezent memorii externe.

Trebuie arătat în încheiere că programul prezentat la § 3 nu se referă numai la operaţii şi activităţi ; el poate fi utilizat în orice problemă de prelucrare — conform metodologiei — a unor date numerice ; aceste date pot fi valori de timp ale unor lucrări observate pe faze sau mînuiri. În acest caz, programul este avantajos în special în ce priveşte volumul de calcul şi precizia.

ANEXA 1

Şirul nr. de la întreprinderea (sectorul) în perioada

Codul operației				Denumirea operației					
Codul activității				Denumirea activității					
Codul factorului de influență				Denumirea factorului de influență					
7777				Factorul de normalizare 10^{-3}					
7775		0031		0063		0115		0147	
7776		2		4		6		0150	
0001		3		5		7		1	
2		4		6		0120		2	
3		5		7		1		3	
4		6		0070		2		4	
5		7		1		3		5	
6		0040		2		4		6	
7		1		3		5		7	
0010		2		4		6		0160	
1		3		5		7		1	
2		4		6		0130		2	
3		5		7		1		3	
4		6		0100		2		4	
5		7		1		3		5	
6		0050		2		4		6	
7		1		3		5		7	
0020		2		4		6		0170	
1		3		5		7		1	
2		4		6		0140		2	
3		5		7		1		3	
4		6		0110		2		4	
5		7		1		3		5	
6		0060		2		4		6	
7		1		3		5		7	
0030		2		4		6		0200	,000

ANEXA 2

```
   Rezultate                                  Interpretări
 30643                               30=c-dul activ.
30643   01                           64=cod operaţie
000000000   00007                     3=fact. de infl.
009434775   00027
000000000   00002
014952376   00025
014181817   00013   014567096
 040633—000005   40633
40633
026699998   00012                    026699998-media primului şir
047999996   00014                    00012=numărul elementelor
030066663   00017                       din şir după omogenizare
036636360   00013   05
000000000   00002   000000000
 071012-000004
71012   01
000000000   00005   02
000000000   00003   03
000000000   00000
412666666   00003   412666665   412666665=media    opera-
                                  ţiei (norma)
 011133—000005   11133
11133   01
000000000   00003   02            02=numărul   şirului  ur-
000000000   00001                    mător din care s-au eli-
044499998   00006                    minat mai mult de 1/3
056749999   00004                    din numărul iniţial de
053999999   00002   051749998        valori.

 041313—000011   41313
41313   01
000000000   00011   02
000000000   00003
285333332   00003
165999999   00004   05
000000000   00002
352666666   00003   07
000000000   00003   10
000000000   00002
203999999   00002   000000000
```

Bibliografie

[1] .*. CSMS — *Metodologia elaborării normativelor de muncă* 1965.

[2] .*. CSMS — *Metode moderne de elaborare a normelor de muncă*, 1965.

[3] Pélegrin, M. *Calculatoare analogice şi numerice. Aplicaţii în automatizări.* Editura Tehnică, 1965.

[4] Kagan, B. M. şi Ter-Mikaelian, T. M. *Rezolvarea problemelor inginereşti cu calculatoare numerice.* Editura Tehnică, 1965.

(Articol intrat în redacţie la 14 noiembrie 1967)

Tratarea apei în centralele termoelectrice

Tehnologia tratării condensatului de turbină la grupurile de 300 MW de la CET Craiova

Ing. **H. Kraus***)

Centrala electrică de termoficare Craiova sete dotată cu două grupuri independente de mare putere. Fiecare grup este format din două cazane cu trecere forţată tip Benson, de 510 t/h, şi un turboagregat de condensaţie de 315 MW. Parametrii aburului supraîncălzit sînt $p = 200$ kgf/cm^2 şi $t = 540$°C.

Pentru a satisface exigenţele deosebite impuse calităţii apei de alimentare, fiecare grup este dotat cu cîte o instalaţie de purificat condensatul turbinei şi cîte o instalaţie de finisat apa de adaos.

Conform normelor VGB, calitatea apei de alimentare pentru cazanele cu trecere forţată trebuie să corespundă următorilor indici chimici :

— conductivitatea	max. 0,5 μS/cm
— silicea (SiO_2)	max. 20 μg/l
— fierul (Fe)	max. 20 μg/l
— cuprul (Cu)	max. 5 μg/l
— uleiul	max. urme mg/l

Pentru realizarea acestor indici s-ar impune în primul rînd alimentarea circuitului termic, respectiv completarea pierderilor cu apa de adaos care să corespundă acestor indici. Dar cum în cazul grupurilor de condensaţie debitul apei de adaos reprezintă doar 1—2% din debitul apei de alimentare, atenţia trebuie îndreptată în mod deosebit asupra calităţii comdensatului de turbină.

Din experienţa exploatării grupurilor mari cu cazane cu circulaţie naturală şi turbine de condensaţie, se ştie că este practic imposibil de a obţine în mod continuu un condensat al turbinelor care să corespundă indicilor de mai sus.

O infiltraţie de apă brută de ordinul 1 la mie la nivelul condensatorului, numai pe durata sesizării deranjamentului şi timpului necesar opririi, ar fi fatală unui cazan cu trecere forţată. Se impune prin urmare purificarea condensatului turbinei.

Apa din circuitul termic poate suferi impurificări :

— la nivelul condensatorului, infiltraţii de apă brută şi prin urmare o impurificare cu toate componentele apei brute ;

— în întregul sistem de ţevi al circuitului termic, cu produse de coroziune (Fe, Cu) ;

— cu diverse impurităţi (Fe, Cu, SiO_2, grafit, ulei etc.) rămase în circuit în urma montajului.

Impurificările cu ulei în timpul exploatării sînt cele mai puţin probabile, dar totuşi posibile, depinzînd de construcţia utilajelor.

Avînd în vedere cele de mai sus, instalaţia de purificat condensatul turbinei are de reţinut, pe lîngă componente ionice, şi impurităţi mecanice.

Mai înainte se considera că pentru purificarea condensatului de turbină sînt suficiente filtre ionice, cu o încărcătură corespunzătoare compoziţiei ionice a impurităţilor de îndepărtat.

Aceste filtre urmau să reţină şi ,,neînsemnatele'' cantităţi de impurităţi mecanice. Fierul se considera că există în cea mai mare parte sub formă ionică şi urma să fie reţinut de masele cationice.

S-au întîmpinat însă serioase dificultăţi în exploatarea instalaţiilor construite pe baza acestor concepţii. Filtrele ionice se colmatau deosebit de repede. Cu toate că se făceau afînări intense, rezistenţa la filtrare creştea din ciclu în ciclu şi în unele cazuri sistemul de colectare cu duze a suferit deteriorări. Capacitatea de schimb a maselor ionice scădea deosebit de repede.

Cercetările au arătat în primul rînd că metodele obişnuite de determinare a fierului în condensate nu indică întreaga cantitate de fier conţinută în acestea. S-a constatat că în condiţiile de pH al condensatului de turbină practic întreaga cantitate de fier se află în stare grosier sau coloidal-dispersă, sub formă de diverşi oxizi şi hidroxizi ai fierului. Dintre acestea, unele combinaţii sînt greu solubile chiar în acid clorhidric concentrat, la cald.

Cercetările de laborator cu filtre-membrană de diverse porozităţi au permis stabilirea gradului de dispersie al acestor particule şi au demonstrat că ,,fierul'' poate fi îndepărtat practic complet printr-o filtrare mecanică adecvată.

Particulele de oxizi şi hidroxizi ai fierului în atingere cu granulele maselor ionice îşi descarcă sarcina electrică şi coagulează. Unele se adsorb pe sau în granulele masei, altele, fiind libere sub formă de aglomerate cu densitate relativ mare, ajung prin afînări repetate ale masei în straturile inferioare, de unde chiar prin regenerare cu acid nu pot fi îndepărtate.

Scăderea rapidă a capacităţii de schimb a maselor ionice nu se datoreşte numai colmatării integranulare sau interreticulare. Masele suferă alterări profunde în structura lor. Prezența compușilor fierului și cuprului, care pot exista în două trepte diferite de valențe, mijlocește și activează procesul de oxidare a maselor sub acțiunea oxigenului solvit în condensat.

---

*) Ing. Herbert Kraus este şeful secţiei chimice din CET Craiova.

Prin urmare, instalațiile de purificat condensatul de turbină trebuie să fie dotate, pe lîngă filtre ionice, și cu filtre mecanice, care să purifice în prealabil condensatul de produsele de coroziune în suspensie, pentru a feri masele ionice de colmatare și distrugere.

Purificarea condensatului de turbină ridică probleme deosebite tehnologiei tratării apelor, care se rezumă astfel : trebuie purificat pînă la un grad foarte înaintat de puritate un debit foarte mare de apă, relativ caldă (40—70°C), foarte puțin încărcată cu impurități de dispersie grosieră, coloidală și ionică.

Debitul mare pretinde în general utilaje cu secțiuni și viteze foarte mari de filtrare ; reținerea particulelor coloidal-disperse impune dotarea cu filtre mecanice de construcție și tehnologie specială ; viteza mare de filtrare și temperatura apei cer mase ionice cu calități deosebite ; concentrațiile mici în afluent dau cicluri de funcționare de foarte lungă durată.

•

Instalațiile de purificat condensatul turbinelor și de finisat apa de adaos de la ICET Craiova au fost proiectate după concepțiile cele mai moderne în acest domeniu.

Condensatul turbinei este trecut integral (1200 m^3/h) sub acțiunea pompelor de condensat, prin patru filtre de aluvionare, de Ø = 1000 mm și $H = 2500$ mm, în care particulele grosier- și coloidal-disperse sînt reținute într-un strat afînat de fulgi de celuloză, gros de cîțiva milimetri, depus în prealabil în interiorul filtrelor pe suprafața unor bujii poroase, prin recircularea unei suspensii de fulgi. Filtrele de aluvionare se caracterizează printr-o mare suprafață de filtrare și o eficacitate deosebită în reținerea particulelor fin-disperse. După colmatare, stratul filtrant se desprinde cu ajutorul unui curent invers de apă și aer comprimat. Fulgii de celuloză de tip Solka-Flock nu impurifică apa cu componenți ionici sau organici.

Apa, practic lipsită de suspensie de fier, este trecută în continuare prin trei filtre ionice cu pat mixt, de Ø = 2400 mm și $H = 2000$ mm. Efluentul prezintă următoarea calitate :

— conductivitatea	0,05—0,1 μS/cm
— conținutul de silice	10—20 μg SiO_2/l

Instalațiile sînt amplasate în apropierea turbinei împreună cu instalațiile auxiliare pentru depunerea flocoanelor de celuloză, de regenerare a maselor ionice cu acid clorhidric și sodă caustică și instalația de finisat apa de adaos.

Instalațiile de finisat apa de adaos sînt compuse din cîte două filtre cu pat mixt de Ø = 700 m mm și $H = 2000$ mm, unul în funcțiune, celălalt în rezervă. Ele au de finisat cîte 20 m^3/h apă total demineralizată, pregătită în stația centrală de demineralizare de 660 m^3/h. Aceasta funcționează cu următoarea schemă :

$$H_s - H_p - OH_s - A_e - H_p - OH_p$$

și furnizează o apă de următoarea calitate :

— conductivitatea	0,2—1,0 μS/cm
— conținutul de silice	20—50 μg SiO_2/l

Efluentul instalației de finisare prezintă următorii indici :

— conductivitatea	0,05—0,1 μS/cm
— conținutul de silice	10—20 μg SiO_2/l

Filtrele ionice cu pat mixt pentru purificarea condensatului turbinei și cele pentru finisarea apei de adaos au cîte o instalație comună de regenerare. Pentru siguranță, regenerarea maselor ionice se face în afara filtrelor ionice, în vase ce comunică cu presiunea atmosferică. Masele epuizate sînt evacuate hidraulic într-un vas de separare de Ø = 1600 mm și $H = 3500$ mm, în care masele anionice sînt separate prin afînare și evacuate într-un al doilea vas de Ø = 1200 mm și $H = 2500$ mm. În primul vas se regenerează cu acid clorhidric masa cationică, iar în al doilea masa ionică cu sodă caustică.

Masele spălate sînt evacuate, în continuare, într-un al treilea vas de Ø = 1500 mm, $H = 3100$ mm, unde cele două feluri de mase sînt amestecate intim cu ajutorul aerului comprimat. Vasul nu cuprinde încărcătura unui anumit filtru, ci un stoc de mase regenerate, spălate și amestecate. La nevoie se evacuează hidraulic o cantitate într-un filtru gol.

Toate armăturile ce se manevrează în mod curent în decursul unui ciclu se acționează automat, cu impuls pneumatic, existînd posibilitatea acționării lor centralizate de la un panou de comandă manual și cu program. Pentru siguranță există anumite blocaje.

Calitatea apei se controlează în mai multe puncte prin măsurarea și înregistrarea continuă a conductivității și silicei.

(Articol intrat în redacție în ianuarie 1967)

ENERGETICA peste hotare

Organizarea economiei electroenergetice în Franţa, Anglia şi Italia

Ing. P. Cartianu

Economia electroenergetică în Franţa, Anglia şi Italia este concentrată în cîte o întreprindere unică de stat, cu caracter industrial-comercial şi autonomie financiară, cuprinzînd activităţile de producere, transport şi distribuţie a energiei electrice.

Faţă de interesul informaţional pe care îl prezintă această organizare, sînt expuse pe scurt în cele ce urmează, pentru cele trei ţări, funcţiile principale ale acestor întreprinderi şi formele de organizare a activităţilor respective.

1. Franţa

1.1. *Structura generală*

Industria energiei electrice a fost naţionalizată prin legea din 8 aprilie 1946 şi, ca urmare, a fost constituită întreprinderea Electricité de France (EdF). Înainte de naţionalizare existau 54 întreprinderi care exploatau 86 centrale termoelectrice, 100 întreprinderi pentru 300 centrale hidroelectrice, 86 întreprinderi de transport şi 1150 întreprinderi de distribuţie.

În afară de Electricité de France, mai sînt producători de energie electrică: Houillères Nationales, Société Nationale des Chemins de Fer Français şi Compagnie Nationale du Rhône (care totalizează o treime din producţia Franţei).

Transportul este efectuat exclusiv de Electricité de France, iar distribuţia pentru circa 95% din energie (restul revine unor întreprinderi în care statul sau colectivităţile publice sînt majoritare).

1.2. *Conducerea*

Există o conducere centrală, încredinţată consiliului de administraţie, şi conduceri regionale.

Tutela administrativă este exercitată de Ministerul Industriei prin Secretariatul general al energiei şi Direcţia gazului şi electricităţii. Directorul Electricităţii este totodată comisarul guvernului pe lîngă consiliul de administraţie al EdF, participînd cu vot consultativ la şedinţele acestuia. Alte organisme de stat specializate au diferite funcţii de control asupra activităţii EdF.

1.2.1. Conducerea centrală

Consiliul de administraţie este compus din 15 membri, numiţi pe baza propunerii Ministerului Industriei, dintre care: 5 reprezintă statul, 5 sînt persoane cu competenţă industrială şi financiară şi 5 sînt reprezentanţi ai personalului, numiţi pe baza propunerilor sindicatului.

Directorul general, a cărui numire este propusă de consiliul de administraţie, este ajutat de trei directori generali adjuncţi, dintre care unul delegat general pentru problemele ştiinţifice şi tehnice, doi directori (pentru studii economice generale şi pentru relaţii publice), un număr de inspectori generali şi comitete specializate (financiar, economic, contencios, juridic, medical etc.). Şase directori au atribuţii operative (studii şi cercetări, echipament, producţie şi transport, distribuţie, financiar şi juridic, personal), iar un secretar general asigură administraţia generală.

1.2.2. Organizarea regională

Direcţiile tehnice centrale, exceptînd Direcţia de studii şi cercetări, au o organizare foarte descentralizată, şi anume:

1. Pentru echipament: 6 regiuni de echipament hidraulic, 4 regiuni de echipament termic, 3 regiuni de echipament nuclear.
2. Pentru producţie: 6 grupuri regionale de producţie hidraulică şi 10 grupuri de producţie termică.
3. Pentru transport: 8 centre regionale de transport şi telecomunicaţii şi 8 centre regionale de mişcare a energiei.
4. Pentru distribuţie: 10 direcţii regionale, de care depind 12 centre de distribuţie, avînd 356 subdiviziuni, respectiv 1213 districte.

.3. *Finanţarea*

Bugetul EdF nu este cuprins în bugetul statului, dar prevederile de cheltuieli de investiţie şi de exploatare sînt aprobate de stat.

Fondurile necesare pentru nevoi curente sînt procurate prin credite bancare, ca orice întreprindere industrială. Fondurile de investiţii sînt procurate:

— prin împrumuturi pe durată lungă, acordate de Fondul de dezvoltare economică şi socială, întreprindere de credit de stat;

— prin dotări nerambursabile ale statului (echivalente cu mărirea de capital al societăţilor pe acţiuni);

— prin autofinanţare (amortizările industriale, previziuni, rezerve şi beneficiul net).

Investiţiile trebuie să se înscrie în Planul de dezvoltare economică şi socială, stabilit periodic de guvern.

1.4. *Gestiunea comercială (tarife şi preţuri)*

Tarifele sînt subordonate prevederilor caietelor de sarcini şi legislaţiei generale a preţurilor, primele stabilind limitele maxime, şi sînt revizuibile în funcţie de conjunctura economică şi previziunile planului.

1.5. *Impozite şi taxe*

EdF este supusă aceluiaşi regim de impozite ca orice întreprindere industrială.

Impozitele directe: impozitul funciar, patentă (aplicată cantităţii de energie produsă şi distribuită), impozitul pe veniturile distribuite (salarii, dobînzile obligaţiilor şi beneficiu), reprezintă 4,11% din cifra de afaceri (1964).

Impozitele indirecte: taxele locale asupra vînzării în detaliu şi impozitul pe cifra de afaceri reprezintă 13,76% din cifra de afaceri (1964).

Totalul impozitelor reprezintă circa 18% din cifra de afaceri (1964).

1.6. *Personal*

EdF folosea în 1963 circa 90 000 de salariați, și anume:

Producție-transport	17 642
Distribuție	62 957
Alte direcții	8 787
Total	89 386

EdF urmărește formarea și perfecționarea personalului prin cursuri, sesiuni etc.

Numărul accidentelor anuale mortale este de ordinul 0,14 la o mie de salariați (1963). Riscul de accidente prin electrocutare a scăzut la nivelul celorlalte feluri de accidente.

2. Anglia

2.1. *Structura generală*

Industria energiei electrice a fost naționalizată prin legea numită „Electricity Act" din 1947.

Organizarea privește Anglia, Țara Galilor (Wales) și Scoția de Sud; în nordul Scoției se înființase încă din 1943 Comitetul hidroelectric al Scoției de Nord (North of Scotland Hydro Electric Board), iar prin legea din 1947 întreprinderile particulare din această parte a țării au fost și ele naționalizate.

Printr-o lege din 1957 s-a reorganizat industria energiei electrice, în sensul descentralizării (ca, de exemplu, înlocuirea Autorității centrale a electricității (Central Electricity Authority).

2.2. *Conducerea*

Conform legii din 1947, conducerea cuprinde: Consiliul electricității (Electricity Council—EC), Comitetul central al producerii electricității (Central Electricity Generating Board — CEGB) și 12 Comitete regionale ale electricității (Area Electricity Board — AEB), în care sînt împărțite teritoriul Angliei și Țării Galilor.

2.2.1. *Consiliul electricității* este în principal un organism de avize pentru Ministerul Energiei, în toate problemele care privesc alimentarea publică cu energie electrică, printre care sînt și acelea care privesc dezvoltarea Comitetului central al producerii electricității și comitetele regionale ale electricității. De asemenea, se mai ocupă cu toate problemele generale de producere și distribuire a energiei electrice:

— avizări și formularea bazelor generale ale economiei electroenergetice;

— problemele de procurare de capital, stabilirea de programe de cercetări;

— prezentarea de programe de dezvoltare către Ministerul Energiei;

— relații cu organele de stat, cu industriile naționalizate, cu organisme speciale, cu electroenergetica altor țări.

În aceste scopuri, Consiliul electricității primește rapoarte periodice asupra activității și necesităților de fonduri bănești ale Comitetului central al producerii electricității și ale Comitetelor regionale ale electricității. Consiliul electricității este constituit din cei 12 președinți ai celor 12 Comitete regionale, trei președinți ai Comitetului central al producerii electricității și maximum alți 6 membri, printre care președintele și vicepreședintele Consiliului electricității și persoane din serviciile anexe.

2.2.2. *Comitetul central al producerii electricității* răspunde de producerea și alimentarea cu energie electrică a Comitetelor regionale ale electricității și ca atare exploatează centralele și rețeaua de înaltă tensiune a sistemului național. De asemenea, proiectează instalarea noilor centrale și rețele pentru a asigura alimentările viitoare.

Teritoriul Comitetului central al producerii electricității este împărțit în cinci regiuni (nord-est, nord-vest, centru, sud-est și sud-vest). Exceptînd prima regiune, celelalte sînt împărțite în diviziuni. Conducerea unei regiuni o are Comitetul executiv regional (Regional Executive Committee).

Rețeaua de înaltă tensiune este exploatată prin șapte zone de control ale sistemului (Grid Control Areas, Newcastle, Manchester, Leeds, Birmingham, Thames North, Thames South și Bristol).

2.2.3. *Comitetele regionale ale electricității.* Anglia și Țara Galilor au 12 Comitete regionale ale electricității, care își procură energia electrică de la Comitetul central al producerii electricității și răspund de rețelele de medie și joasă tensiune, cum și de vînzarea energiei electrice către consumatori. Ele se mai ocupă cu vînzarea aparatelor și executarea instalațiilor.

Conducerea fiecărui Comitet regional al electricității este formată din: un președinte, un vicepreședinte și 7 membri, numiți de Ministerul Energiei și aleși dintre persoane de specialitate, făcînd parte din întreprinderi și instituții economice și științifice. Conducerea se ocupă și decide în problemele principale de politică a alimentării cu energie electrică.

Administrația o exercită următorii: inginerul-șef (proiectarea și planificarea construcțiilor și instalațiilor, rețeaua de înaltă tensiune); secretarul (administrația generală, problemele juridice și de personal); șeful contabilității (finanțele, contabilitatea, dezvoltarea metodelor de calcul); conducătorul părții economice (tarife și prețuri, contracte cu consumatorii, statistica exploatării); șeful achizițiilor.

Comitetele regionale sînt împărțite în subcomitete și acestea în districte. Fiecare subcomitet este condus de director, care deține secțiunile proiectare, secretariat, contabilitate, comercial. Districtul este condus de șeful de disctrict.

Fiecare comitet regional mai are un consiliu consultativ (Consultative Council —CC), organ local care veghează asupra intereselor consumatorilor, dar fără atribuții executive. Consiliul consultativ este condus de un președinte și 20—30 persoane, numiți de Ministerul Energiei, din administrația locală și dintre consumatori.

2.3. *Finanțarea*

Aproape jumătate din mijloacele de finanțare provin prin autofinanțare din fondurile de amortizare sau din fonduri suplimentare. Restul mijloacelor de finanțare provin din împrumuturi pe care Consiliul electricității le contractează pentru întreaga economie electroenergetică. Credite pe termen scurt de la bănci pot fi contractate direct de către Comitetele regionale pînă la anumite plafoane, stabilite de Ministerul Finanțelor.

2.4. *Gestiunea comercială*

Fiecare comitet regional are dreptul să stabilească tarifele în propria zonă. Pentru orice modificare trebuie să fie consultați Consiliul electricității și Consiliul consultativ, indicîndu-se, între altele, metodele și principiile pe care se bazează noile propuneri.

Consiliul consultativ examinează tarifele din punctul de vedere al consumatorilor, fără însă a putea neglija interesele comitetului regional.

Consiliul electricității examinează tarifele din punctul de vedere al intereselor generale și din punctul de vedere al economiei electroenergetice.

Se urmărește și concordanța cu tarifele celorlalte Comitete regionale. Stabilirea hotărîrilor definitive aparține fiecărui comitet.

Fiecare comitet poate să se abată de la tarifele generale stabilite, dacă acest lucru este cerut de împrejurări speciale.

2.5. *Impozite*

Economia electroenergetică este supusă acelorași obligații ca și celelalte industrii. Totuși, pînă acum impozitul pe venit nu a constituit o preocupare datorită degrevărilor acordate întreprinderilor care realizează investiții. Întrucît, în economia electroenergetică investițiile noi sînt foarte importante, impozitele sînt foarte reduse.

Impozitele locale reprezintă 1,5—2% din încasări.

2.6. *Personal*

În industria energiei electrice sînt ocupate aproximativ 220 000 persoane. Pentru bătrînețe și invaliditate funcționează un sistem de pensii.

3. Italia

3.1. *Structura generală*

Naționalizarea industriei producătoare de energie electrică a fost realizată prin Legea nr. 1643 din 6 decembrie 1962, în baza căreia s-a constituit: Oficiul Național de Energie Electrică (ENEL). Acest organism are sarcina producerii, importului, exportului, transportului, distribuției și vînzării energiei electrice. Patrimoniul inițial a fost constituit din bunurile dobîndite de la întreprinderile naționalizate.

Nu au trecut în patrimoniul ENEL:

— întreprinderile autoproducătoare și întreprinderile asociate, ale căror necesități de energie electrică depășesc 70% din producție;

— întreprinderile municipale sau regionale, dar care au dreptul de a cere să fie încorporate în ENEL;

— întreprinderile producătoare și distribuitoare cu activitate redusă (sub 15 milioane kWh/an).

Au fost însă transferate la ENEL instalațiile aparținînd căilor ferate de stat.

ENEL a absorbit peste 600 de întreprinderi, care în 1963 produceau 66,8% din totalul producției de energie electrică în Italia.

Din patrimoniul ENEL făceau parte la 31 decembrie 1963 730 centrale hidroelectrice, cu o putere maximă posibilă de 9030 MW și o productibilitate anuală medie de 29,39 miliarde kWh; 53 centrale termoelectrice, cu o putere maxim posibilă de 4172,2 MW.

3.2. *Conducerea*

Conducerea ENEL este constituită din președinte, consiliul de administrație, compus din președinte și opt consilieri, colegiul controlorilor, toți numiți prin decret al președintelui republicii la propunerea Ministerului Industriei, după consultarea Consiliului de Miniștri.

Organizarea se bazează pe principiile:

— concentrarea în organism central a coordonării și controlului activităților;

— descentralizarea la organisme teritoriale a exercitării celor mai multe activități operaționale.

Organismul central este o direcție generală, cuprinzînd nouă direcții centrale: secretariatul general, planificarea, administrația, personalul, studiile și cercetările, construcțiile termice și nucleare, construcțiile hidrotehnice, electrice și clădiri, producerea și transmiterea energiei, distribuția.

Descentralizarea teritorială cuprinde opt compartimente, împărțite în districte, și acestea la rîndul lor în zone.

Compartimentele sînt: Torino (Piemont, Liguria și Val d'Aosta), Milano (Lombardia), Veneția (Veneția, Friul-Veneția-Julia, Trentino — Alto Adige), Firenze (Toscana, Emilia Romagna), Roma (Latium, Umbria, Abruzzi), Napoli (Campania, Basilicate, Calabria), Palermo (Sicilia) și Cagliari (Sardinia).

Direcția compartimentului are competențe relativ la producere, transport și distribuție, precum și relativ la construcții, în cadrul directivelor primite de la direcția generală; are totodată supravegherea activității districtelor și zonelor.

3.3. *Finanțare*

Fondurile necesare pentru investiții și sumele necesare pentru despăgubirea întreprinderilor naționalizate sînt procurate de ENEL prin obligații. Oficiul nu dispune de o dotare inițială.

3.4. *Gestiunea comercială*

Sub rezerva aprobării autorităților, ENEL are competență pentru revizuirea tarifelor.

(Articol intrat în redacție la 11 decembrie 1967)

Unele aspecte privind automatizarea centralelor termoelectrice din R. P. Polonă

Ing. **M. Semedrea** *)

Cu ocazia unei vizite de documentare făcute în R. P. Polonă a fost posibil să se cunoască o serie de realizări în domeniul instalațiilor de automatizare ale centralelor termoelectrice și, în general, ale energeticii poloneze.

Posesoare a unei industrii puternice, R. P. Polonă dispune și de o bază energetică corespunzătoare. Puterea instalată în sistemul energetic a depășit în 1967 11000 MW, iar producția de energie electrică s-a ridicat anul trecut la 44 miliarde kWh, fiind realizată în cea mai mare parte de centrale pe cărbune. Puterea unitară a celor mai mari blocuri energetice este de 125 și 200 MW, situație care se va menține probabil pînă în 1972, cînd se prevede intrarea în funcțiune a primelor blocuri de 500—600 MW.

Centralele cu blocuri de 125 și 200 MW, care au făcut obiectul vizitei de documentare, sînt echipate într-o proporție ridicată cu agregate de fabricație proprie, ceea ce permite aplicarea unor soluții unitare în realizarea lor. Regimul de lucru al acestor centrale, în cadrul sistemului polonez, corespunde condițiilor de funcționare optimă din punct de vedere economic și anume la baza curbei de sarcină. Reglajul este asigurat de grupurile de 50 MW, care reușesc să acopere toate variațiile de sarcină.

1. Instalațiile de reglare automată

Funcționarea blocurilor la baza curbei de sarcină și echiparea lor numai cu cazane cu circulație naturală simplifică mult problemele pe care trebuie să le rezolve instalațiile de reglare automată. Acestea vor face față în principal numai perturbațiilor interne ale cazanului; pentru orice eventualitate se prevede menținerea constantă a parametrilor la o variație de sarcină de 20%.

Aparatura de reglare automată utilizată actualmente la centralele poloneze noi este complet de fabricație proprie. Uzinele pentru automatizări industriale (ZAP) din Ostrov Wkp fabrică din 1960 un sistem de reglare automată electronic cu acționări electrohidraulice. Această aparatură aflată în funcțiune la cele cinci blocuri de 125 MW ale centralei Adamow se exploatează cu succes, mai puțin partea hidraulică, care necesită încă îmbunătățiri. Un alt sistem de reglaj electronic, cu acționare electrică (motor asincron trifazat), se fabrică la Institutul pentru automatizarea sistemului energetic (IASE) din Wroclaw. Cu aceste regulatoare sînt echipate blocurile de 200 MW de la centrala Pontnow și ultimele trei blocuri de 200 MW de la centrala Turow.

Uzinele ZAP fabrică din 1966 și regulatoare cu acționare prin motoare cu viteză variabilă; răspîndirea în centralele mari a acestor regulatoare este pentru moment limitată de puterea insuficientă a servomotoarelor Ferraris realizate.

Industria poloneză fabrică de asemenea din 1964, pe baza unei licențe străine, regulatoare pneumatice, utilizate în special în industria chimică și, în cazuri izolate, la centrale electrice cu grupuri de putere mică.

Centralele poloneze mai vechi, cu grupuri de puteri pînă la 50 MW, au o experiență bună în utilizarea regulatoarelor hidraulice de fabricaţie Askania. Centralele cu blocuri de putere mare montate pînă în 1964-1965 – CET Konin etapa a III-a, 2 × 125 MW, şi CTE Turow etapa I-a, 4 × × 200 MW – sînt echipate cu regulatoare electronice de tip Bailey.

---

*) M. Semedrea este inginer proiectant principal la Institutul de studii și proiectări energetice.

O constatare generală care se desprinde din felul în care sînt dotate cu aparatură de reglare automată centralele poloneze este aceea că provenienţa echipamentului tehnologic nu este hotărîtoare pentru tipul de aparataj folosit, acesta fiind ales de către proiectant, de acord cu furnizorii agregatelor, dintre cele mai convenabile oferte pe care le are la dispoziţie.

2. Organizarea conducerii operative

Camerele de comandă ale blocurilor, în privinţa cărora se remarcă o mare unitate a soluţiilor la aproape toate centralele, se amplasează în corpul buncărelor, la cota de exploatare a turbinelor, şi sînt destinate pentru conducerea în toate fazele de exploatare a agregatelor. Ca urmare a acestei dotări şi a amplasării, nu se mai montează la cazane şi la turbine tablouri locale pentru aparatele de măsură şi semnalizare.

În camera de comandă, spre sala maşinilor, se prevede totdeauna un perete de sticlă, care pătrunde pe o distanţă de 2–3 m în sală, realizînd în acest fel o vizibilitate foarte bună asupra turbinelor.

Ca urmare a acestor soluţii, majoritatea personalului operativ din tură este concentrat în camera de comandă a blocurilor (şase operatori), în instalaţie lîngă agregate rămînînd foarte puţini oameni. Se remarcă faptul că în sala maşinilor se lucrează în mod frecvent cu un om la două turbine.

O atenţie deosebită se acordă controlului tehnologic. Volumul de măsurători şi semnalizări prevăzut, ca şi aparatura, în general, de calitate foarte bună, compensează oarecum volumul mult mai scăzut de protecţii tehnologice automate cu care sînt dotate instalaţiile.

Ca exemplu tipic se poate cita felul cum este tratată supravegherea nivelului apei în tambur. Măsurarea şi semnalizarea acestui parametru se face pe mai multe căi. Pe lîngă aparatele de măsură indicatoare şi înregistratoare, se utilizează televiziunea industrială (la CTE Adamow) sau aducerea în conturul operaţiei al camerei de comandă chiar a sticlelor de nivel coborîte ale cazanului, care sînt amplasate într-o nişă special amenajată (CTE Pontnow).

Ţinînd seamă de faptul că o bună parte dintre defecţiunile care se produc în centrale se datorează calităţii necorespunzătoare a apei de alimentare şi aburului, controlul acestor parametri se realizează cu aparate de foarte bună calitate.

În legătură cu creşterea nivelului de centralizare a conducerii şi de automatizare a gospodăriilor de cărbune, o importanţă deosebită o are realizarea unor măsurători continue a nivelului de cărbune în buncăre. În realizarea acestei măsurători s-au încercat mai multe tipuri de aparate bazate pe măsurarea capacităţii sau rezistenţei stratului de cărbune, sau sisteme radioactive. Condiţiile grele de mediu în care trebuie să lucreze aceste aparate afectează direct siguranţa şi corectitudinea funcţionării lor, ceea ce a determinat o serie de încercări care nu au avut succes.

În ultimul timp s-a pus la punct un sistem bazat pe măsurarea în mai multe puncte a rezistenţei stratului de cărbune, care va fi aplicat pentru prima oară în centrale la CTE Pontnow.

Acest sistem de măsură va permite automatizarea completă a încărcării buncărelor şi a transportului cărbunelui din depozit în buncăre, ceea ce va permite suprimarea unor puncte de lucru cu condiţii dificile pentru personal şi o mai bună utilizare sub toate aspectele a utilajului.

3. Personalul de exploatare

Ca şi la noi, problema organizării exploatării în centralele termoelectrice face obiectul unor preocupări de actualitate. Problema reparaţiilor va fi rezolvată prin organizarea unor întreprinderi de reparaţii regionale. Un început în acest sens se face anul acesta, cînd, o dată cu intrarea în funcţiune a primului bloc de 200 MW de la Pontnow, îşi va începe activitatea şi o întreprindere de reparaţii cu sediul la Pontnow şi care va executa lucrările de reparaţii planificate sau ocazionale, însă de amploare mare, pentru cele trei centrale aflate în apropiere : Konin, Adamow şi Pontnow, reprezentînd în total 19 blocuri.

În privinţa personalului operativ se constată o tendinţă de reducere, realizată actualmente pînă la nivelul ilustrat de următorii indici (fără personal de reparaţii) :

– CTE Turow	1,1 om/MW la 1 200 MW
– CTE Adamow	1,1 om/MW la 625 MW
– CTE Pontnow	0,75 om/MW la 1 200 MW

4. Utilizarea calculatoarelor electronice în energetică

Preocupările instituţiilor şi întreprinderilor de specialitate poloneze pentru utilizarea calculatoarelor electronice în energetică sînt susţinute de fabricarea la întreprinderea ELWRO din Wroclaw a echipamentelor electronice necesare. După un şir de studii şi experimentări în centrale, întreprinse încă din 1963, s-a ajuns în situaţia de a se întocmi documentaţia de execuţie pentru calculatoare cu funcţii de control şi comandă.

Un astfel de calculator, ODRA 1013, este prevăzut să se monteze la centrala Pontnow la blocul nr. 4 de 200 MW, avînd funcţii complete de conducere.

Un alt calculator, ODRA 1204, mai perfecţionat, se proiectează în prezent. Caracteristicile acestuia vor fi următoarele :

– lungimea cuvîntului : 24 digiţi
– memoria operativă cu ferite : 16 000 de cuvinte
– timpul de acces la informaţii : 6μs
– memoria externă, pe tambur : de la 32 000 la 132 000 cuvinte
– transferul informaţiilor în paralel
– virgulă mobilă prin microprogram
– patru nivele de prioritate
– viteza de lucru pentru o adunare de 12–20 μs, iar pentru o înmulţire 50 μs.

Se proiectează de asemenea îmbunătăţirea construcţiei calculatoarelor prin înlocuirea semiconductoarelor cu germaniu cu cele cu siliciu.

Studiile pentru utilizarea calculatoarelor se desfăşoară la IASE Wroclaw, care, în colaborare cu fabricile furnizoare de echipament tehnologic şi cu întreprinderile de exploatare, a pus la punct mare parte din programele care vor fi încredinţate calculatoarelor.

Interesant este felul cum se va rezolva problema calculului indicilor tehnico-economici la un bloc de 200 MW cu cărbune. Se utilizează metoda ,,pierderilor separate'', formulele pentru calculul unora dintre indici fiind următoarele :

– Pierderile în gazele de ardere la coş :

$$q_2 = \left(\frac{6{,}67}{21 - O_2\%} K + 0{,}1503 \right) \cdot (t_{ga} - t_a) \cdot 10^{-1}\%,$$

unde

K este excesul de aer ;
t_{ga} – temperatura gazelor de ardere la coş ;
t_a – temperatura aerului la intrarea în cazan.

– Pierderile prin ardere incompletă (în zgură şi cenuşa zburătoare) :

$$q_4 = \frac{78{,}3\ A_R}{W_d} \left(a_z \frac{C_z}{100 - C_z} + a_u \frac{C_u}{100 - C_u} \right),$$

în care

W_d este puterea calorică inferioară ;
A_R – conţinutul de cărbune în cenuşă ;
C_z – conţinutul de cenuşă în gaze de ardere ;
C_u – conţinutul de cenuşă în zgură ;
c – raportul între conţinutul de cenuşă în gazele de ardere şi cărbune ;
a – raportul între conţinutul de cenuşă în zgură şi cărbune.

— Cantitatea de combustibil activ:

$$B = \frac{BWd}{Wd} \quad [\mathrm{t/h}].$$

— Indicele de combustibil net:

$$b_h = \frac{B}{E_G - E_W} \quad [\mathrm{g/kWh}].$$

În afară de indicii tehnico-economici indicaţi mai sus se vor efectua determinări pentru:

— liniarizarea fiecărui tip de termocuple;
— randamentul cazanului;
— cantitatea de căldură produsă de cazan (kcal);
— cantitatea de combustibil consumată (t/h);
— indicele de combustibil brut (g/kWh);
— producţia specifică a cazanului (kg abur/kg comb.);
— idem, în kg abur/kWh;
— indicele procentual de servicii interne;
— consumul specific de căldură (kcal/kWh);
— randamentul brut al blocului;
— randamentul net al blocului;
— vacuumul relativ;
— coeficientul de calitate a vacuumului;
— Δt la condensator;
— coeficientul de transmisie al condensatorului:

$$K_k = \frac{t_k}{t_p}$$

unde

t_k este temperatura calculată;
t_p — temperatura reală;

— coeficientul de calitate al degazorului;
— pierderile prin radiaţie, după formula:

$$q_5 = \frac{K}{D_{av} + D_{asi}},$$

în care

D_{av} este debit de abur viu;
D_{asi} — debit de abur supraîncălzit intermediar.

Acest volum de calcule ocupă aproximativ 2 000 de cuvinte în memoria pe tambur la o oră de calcul.

Într-un stadiu avansat sînt şi lucrările pentru introducerea unui calculator la dispecerul energetic naţional. Construcţia calculatorului se face de către IASE, pe baza echipamentului livrat de ELWRO, şi va fi montat pînă la sfîrşitul acestui an. Funcţiile care sînt încredinţate acestui echipament sînt următoarele. Cu ajutorul unei scheme sinoptice reprezentînd sistemul energetic naţional, centralele reglante şi legăturile din sistem, se introduc în calculator date privind configuraţia de moment a sistemului. Pe baza caracteristicilor tehnico-economice ale centralelor reglante, care sînt reţinute în memorie, şi a programului conţinînd criteriile de reglaj, este comandată repartizarea sarcinii între centrale, comandă care se transmite direct regulatoarelor de frecvenţă-putere ale acestora.

Caracteristicile tehnice ale calculatorului utilizat sînt următoarele:

— volum de memorie operativă	178 cuvinte
— volum de memorie cablată	128 cuvinte
— volum de memorie pe tambur	8 192 cuvinte
— timp de acces la informaţiile din memorie cu ferite	600 μs
— timp de acces la informaţiile din memoria pe tambur	20 ms

Tendinţele de dezvoltare în continuare a utilizării calculatoarelor în centralele termoelectrice se caracterizează prin realizarea în principal a funcţiilor de control centralizat şi prelucrarea informaţiilor, urmînd ca pe baza acumulării unui volum important de experienţă, în special proprie, să se stabilească şi gradul de participare a acestora la comanda blocurilor.

Se preconizează realizarea unui sistem combinat calculator, sisteme logice specializate, rolul de coordonator revenind calculatorului.

5. Organizarea proiectării

Documentaţiile tehnice şi economice necesare realizării instalaţiilor de automatizare şi control se elaborează într-un institut specializat (Energoprojekt).

În cadrul sistemului de organizare a relaţiilor între factorii care conlucrează la realizarea unei investiţii, fabricile de specialitate au o participare importantă la realizarea proiectului de execuţie.

Dotate cu servicii de proiectare corespunzătoare, fabricile de panouri şi aparataj de automatizare întocmesc toate planurile de montaj şi documentaţia economică necesară procurării, montării şi punerii în funcţiune a părţii lor de furnitură.

Institutul de proiectări are sarcina să elaboreze soluţiile de principiu la nivel de studiu, proiect tehnic şi proiect de execuţie, urmărind şi coordonînd realizarea acestuia din urmă de către furnizori la nivel de detalii de montaj.

Acest mod de lucru constituie o soluţie optimă la care s-a ajuns pe baza experienţei de pînă acum şi care a arătat că productivitatea maximă în proiectare se obţine prin transferarea acestei documentaţii de execuţie la fabrici, realizîndu-se în acelaşi timp şi simplificarea şi sistematizarea relaţiilor între proiectant şi fabrici, cu consecinţe foarte favorabile asupra operativităţii proiectării şi realizării instalaţiilor.

Pe această bază organizatorică s-a obţinut să se întocmească în ţară toate proiectele pentru centrale, renunţîndu-se la cumpărarea documentaţiilor din străinătate, chiar cînd se utilizează echipament de import.

(Articol intrat în redacţie la 18 octombrie 1967)

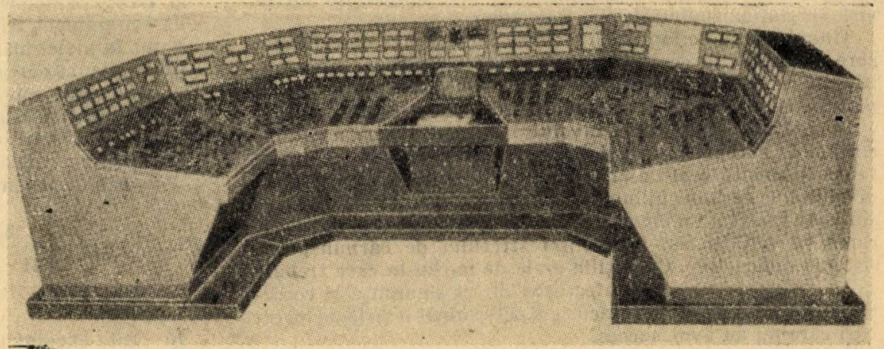


Fig. 1. Pupitrul de comandă al unui bloc de 125 MW la CTE Adamow.

CRONICĂ

Conferinţa: „Metode şi procedee în controlul nedistructiv al instalaţiilor şi realizarea unui regim corect al apei la cazanele de abur”

Craiova, 18—18 noiembrie 1967

Între 17 şi 18 noiembrie 1967 s-au desfăşurat, la Craiova, lucrările conferinţei avînd tema: „Metode şi procedee în controlul nedistructiv al instalaţiilor şi realizarea unui regim corect al apei la cazanele de abur”.

Consfătuirea a fost organizată de către Direcţia Generală pentru Metrologie, Standarde şi Invenţii, în colaborare cu ministerele interesate în aceste probleme: industriei construcţiei de maşini, energiei electrice, industriei metalurgice, industriei chimice, industriei petrolului, industriei construcţiei instalaţii chimice şi rafinării.

Realizarea unor instalaţii energetice, chimice şi petroliere de capacitate mare şi de tehnicitate ridicată şi asigurarea exploatării continue a acestora impun:

— îmbunătăţirea permanentă a metodelor şi mijloacelor de control al execuţiei şi montajului instalaţiilor;

— asigurarea unui regim chimic corespunzător al apei pentru cazanele de abur, mai ales al celor cu parametri ridicaţi.

Prin problemele puse în discuţie, consfătuirea a răspuns unor cerinţe actuale ale industriei, permiţînd un schimb util de experienţă al specialiştilor din sectoarele industriale principale, care au participat la lucrări.

Referatele prezentate s-au referit la următoarele probleme:

— *În domeniul controlului nedistructiv*: controlul radiografic şi cu ultrasunete al îmbinărilor, pregătirea personalului operator, măsuri de protecţie la radiografia industrială.

— *În domeniul regimului apei de cazane*: îmbunătăţirea calităţii aburului, întreţinerea suprafeţelor interioare ale cazanelor, metode noi pentru îmbunătăţirea calităţii apei, automatizarea instalaţiilor de tratare a apei.

La lucrările consfătuirii au participat peste 150 delegaţi din sectoarele industriale principale: ministere, institute de cercetare şi proiectare, uzine constructoare şi întreprinderi de montaj, centrale termoelectrice şi combinate chimice.

Lucrările au fost conduse de către tov. director general adjunct ing. N. Gheorghiu şi au avut loc la combinatul chimic şi la centrala electrică de termoficare, conform următorului program:

17 noiembrie 1967:

— Deschiderea consfătuirii, în plenară.

— Prezentări de referate şi discuţii pe secţii; controlul nedistructiv, la Combinatul chimic; regimul apei, la centrala electrică de termoficare.

18 noiembrie 1967:

— Vizite tehnice la Laboratorul de control nedistructiv al întreprinderii „Energomontaj” — Craiova şi la instalaţiile de tratare a apei pentru cazane de la centrala electrică de termoficare Işalniţa.

Închiderea consfătuirii în plenară.

Referatele prezentate la consfătuire au fost tipărite, din timp, prin îngrijirea ISCIR, şi au fost puse la dispoziţia participanţilor, ca material documentar.

Concluziile consfătuirii, ca urmare a discuţiilor şi a propunerilor făcute de către participanţi, au fost concretizate în recomandări axate pe o serie de acţiuni care să îmbunătăţească situaţia existentă şi să asigure activitatea corespunzătoare în aceste domenii.

Recenzii

C. DINCULESCU, N. DĂNILĂ şi V. PIMSNER. **Analiza termodinamică a schemelor centralelor electrice.** Editura Academiei R.S.R., Bucureşti, 1967, 407 p., 278 fig., 30 tabele, 259 ref. bibl.

Dezvoltarea continuă a consumului de energie electrică a impus construirea în ritm susţinut de noi centrale electrice din cele mai diferite tipuri. Experienţa cîştigată în acest domeniu al tehnicii permite stabilirea căilor şi metodelor pentru analiza critică a diverselor soluţii tehnice, pentru stabilirea corelaţiei dintre parametrii funcţionali şi performanţele instalaţiilor.

Lucrarea de faţă — prima de acest gen scrisă de specialişti români — prezintă principiile generale pe baza cărora se pot stabili metodele de îmbunătăţire a indicilor care caracterizează funcţionarea centralelor termoelectrice. Lucrarea are un caracter monografic, cuprinzînd însă şi rezultatele studiilor efectuate de autori în activitatea lor de cercetare ştiinţifică şi în activitatea didactică.

Capitolul 1 — „Analiza termodinamică a schemelor centralelor termoelectrice cu abur” (C. Dinculescu şi N. Dănilă) — începe cu prezentarea proprietăţilor generale ale transformărilor ciclice, insistînd asupra metodelor matematice de studiu. Se tratează apoi teoria generală a instalaţiilor termice de forţă cu abur: condiţiile termodinamice de funcţionare, ciclurile teoretice ale instalaţiilor cu abur şi metodele de comparare a acestora, indicii specifici ai centralei termoelectrice. Se examinează posibilităţile de îmbunătăţire a randamentului termic al centralei termoelectrice cu abur, arătîndu-se rezultatele obţinute în fiecare caz în parte. Parametrii iniţiali şi finali ai ciclului termic sînt analizaţi atît teoretic cît şi practic, subliniindu-se efectele secundare care apar la variaţia lor, ca şi valorile adoptate actualmente în construcţia de centrale termoelectrice. Se tratează în mod special problemele preîncălzirii regenerative a apei de alimentare şi supraîncălzirii intermediare simple sau repetate a aburului, elemente importante pentru instalaţiile moderne. În legătură cu termoficarea, se trec în revistă factorii termodinamici care justifică aplicarea acesteia. Capitolul se încheie cu examinarea altor cicluri de centrale termoelectrice cu abur: cicluri suprapuse, cicluri binare, ciclurile centralelor geotermoelectrice.

În capitolul 2 — „Analiza termodinamică a schemelor centralelor termoelectrice cu turbine cu gaze” (C. Dinculescu şi V. Pimsner) — se prezintă ciclurile turbinelor cu gaze: cu ardere izobară, cu recuperare de căldură, cu comprimare în trepte și răcire intermediară, cu destindere în trepte (ardere intermediară), cu destindere și comprimare în trepte, și se analizează indicii termodinamici care caracterizează funcționarea lor.

Capitolul 3 — „Analiza termodinamică a schemelor centralelor termoelectrice mixte abur-gaze" (C. Dinculescu, V. Pimsner) — tratează posibilitatea măririi randamentului termic prin cuplarea instalațiilor de turbine cu abur și de turbine cu gaze în cadrul unor instalații mixte abur-gaze. Se examinează schemele de funcționare a ciclului mixt: cu circuite separate și cazan de abur, cu circuite separate și generator de abur sub presiune, cu amestec apă-gaze, ca și influența cuplării asupra performanțelor instalației combinate abur-gaze.

Capitolul 4 — „Analiza termodinamică a schemelor centralelor electrice nucleare" (N. Dănilă) — prezintă la început tipurile de centrale electrice nucleare și stadiul construcției acestora pe plan mondial. În continuare se discută schemele centralelor electrice nucleare cu turbine cu abur, pentru care se arată schemele termice de principiu, modul de optimizare a acestora și indicii de funcționare (randamentul general, consumul de combustibil nuclear) și schemele centralelor electrice nucleare cu turbine cu gaze, pentru care se indică unele scheme principiale și modul de alegere a parametrilor principali. Capitolul prezintă în final o metodă originală pentru determinarea tipului optim de centrală electrică nucleară și a competitivității dintre centralele electrice nucleare și centralele clasice. Metoda are un caracter de generalizare, putînd fi aplicată în orice condiții; cu ajutorul ei se stabilește eficiența unei anumite soluții energerice (nucleare sau clasice), pentru o situație dată.

Capitolul 5 — „Analiza exergetică în centralele termoelectrice" (N. Dănilă și A. Leca) — aplică în studiul ciclurilor noțiunea de exergie, folosită în ultima vreme în analiza termodinamică. Se face mai întîi o discuție comparativă asupra noțiunilor de energie și exergie și asupra metodelor de cercetare a proceselor termice, subliniindu-se avantajele metodei exergetice față de metodele clasice. Se prezintă apoi bazele acestei noi metode: justificarea termodinamică a exergiei, determinarea randamentului proceselor termodinamice, diagramele exergetice de stare pentru apă și abur. Se arată în continuare modul de calcul al pierderilor de exergie din instalațiile termice de forță cu abur sau gaze: datorită ireversibilității schimbului de căldură, prin laminarea aburului și gazelor, la amestecul a doi agenți termici, datorită ireversibilității proceselor din pompe sau compresoare, prin scăpări de fluid, prin radiația căldurii în mediul înconjurător, la destinderea aburului în turbină, ca și modul în care aceste pierderi intervin în bilanțul exergetic, comparativ cu structura bilanțului energetic. O atenție deosebită se acordă studiului, cu ajutorul exergiei, al proceselor de ardere și al proceselor de transfer de căldură, considerate ca principalele surse de pierderi în instalațiile termice de forță cu abur sau gaze. Este tratată în mod special analiza exergetică a circuitului regenerativ al centralelor termoelectrice cu abur, arătîndu-se căile de perfecționare a acestuia prin aplicarea unor măsuri constructive și funcționale. Capitolul se încheie cu prezentarea pe scurt a problemelor exergetice în instalațiile de termoficare și în centralele nuclearoelectrice.

Problemele tratate în lucrare sînt expuse la un nivel științific înalt, folosind metode termodinamice și matematice moderne de studiu. Prin conținutul și tematica sa, lucrarea se adresează inginerilor din proiectarea și exploatarea centralelor electrice, cercetătorilor și cadrelor didactice din învățămîntul superior, precum și doctoranzilor și studenților din ramura termoenergetică.

Prof. ing. **I. D. Stănceseu**
și ing. **A. Mișu**

◆

Informații tehnice

Centrală nuclearoelectrică de mare putere pe Elba. A fost comandată o centrală nuclearoelectrică cu o putere de 662 MW, care se va amplasa la Stade, la vărsarea Elbei. Instalația va fi una din cele mai puternice centrale nuclearoelectrice de pe continentul european. S-a prevăzut folosirea unui reactor cu apă ușoară sub presiune, cu o putere termică de 1900 MW, care va fi cel mai mare de acest fel din Europa.

Miezul reactorului se compune din 157 elemente de combustibil. Fiecare element de combustibil se compune la rîndul său din 205 bare, lungi de 3,9 m.

În total sînt necesare 56,2 t uraniu pentru o încărcătură. 44 000 t/h apă la 158 at se vor încălzi în miezul reactorului pînă la 316°C și vor produce 3600 t/h abur de 265°C, 52 at (abur saturat) în patru schimbătoare de căldură.

Turbina pe un singur ax constă dintr-un corp de înaltă presiune în dublu flux și două corpuri de joasă presiune în dublu flux. La o lungime a paletei finale de 1,4 m, diametrul total al ultimei trepte va fi de 5,65 m, viteza periferică fiind de 443 m/s.

Punerea în funcțiune a noii centrale nuclearoelectrice este prevăzută pentru anul 1972.

(Siemens Zeitschrift, 41, nr. 12, 1967)

30 de reactoare nucleare în funcțiune. După indicațiile Forului Atomic German (Deutsches Atomforum), la mijlocul lunii mai erau în funcțiune în R.F. a Germaniei 30 reactoare nucleare. Dintre acestea, 26 erau reactoare de cercetare și învățămînt și 4 de centrale electrice și reactoare experimentale de putere.

Cinci alte centrale nuclearoelectrice, cu o putere de 695 MW, sînt în construcție, printre care Obrigheim (300 MW) și Niederaichbach (100 MW). Vasul comercial acționat nuclear „Otto Holm" va face prima cursă în anul viitor.

(Siemens Zeitschrift, 41, nr. 12, 1967)

Necesitățile de calcul ale CEGB (Anglia) se dublează aproximativ la fiecare doi ani. Calculatorul IBM 709 instalat în 1960, devenit insuficient, a fost înlocuit cu un sistem complex de calcul compus dintr-un IBM—360—75, IBM—360—50 și patru calculatoare IBM—1130, instalate la centrele regionale și cuplate la calculatorul central.

(Electrical Times, 11 ian. 1968)

În Suedia se estimează că la nivelul anilor 1985 jumătate din producția de energie electrică se va face pe seama centralelor nucleare. Această modificare a structurii centralelor va fi deosebit de rapidă după anul 1980, cînd numai 6300 MW din totalul de 28 700 MW vor fi instalați în centrale nucleare. Factorii care contribuie la dezvoltarea energeticii nucleare în Suedia sînt problemele de transport pe distanțe mari de la centralele hidraulice la centrele de consum și necesitatea producerii energiei electrice în grupuri de putere unitară mare.

(Electrical Times, 4 ian. 1968)

La Marcoule (Franța) va începe în 1969 construcția unui reactor supragenerator „Phenix", de 250 MWe, al cărui scop va fi elaborarea de date tehnico-economice necesare elaborării unor centrale nucleare pe bază de neutroni rapizi de ordinul 1000 MW.

(Le Moniteur professionel de l'Electricité et de l'Electronique, nr. 232, dec. 1967)

În Marea Britanie se proiectează construirea unei centrale nucleare la Heysham (litoralul mării în ținutul Lancashire) de tipul AGR de o putere de 2500 MW.

Cele patru reactoare răcite cu heliu vor furniza energie electrică la un preț cu circa 10% mai mic decît cel realizat în centralele termoelectrice clasice.

(Le Moniteur profesionnel de l'Electricité et de l'Electronique, nr. 232, dec. 1967)

În urma studiilor efectuate de firmele AEG — Telefunken a fost elaborat un sistem de vas de protecţie pentru reactoarele BWR care nu permite eliberarea către zona înconjurătoare centralei de activităţi superioare dozelor permise atît în timpul exploatării normale a centralei şi chiar în cazul accidentului maxim posibil.
Procedeul elaborat se bazează pe principiul unor vase de protecţie cu pereţi dubli, în care în spaţiul intermediar este menţinută o depresiune, şi al unor sisteme speciale de reţinere a radioactivităţii şi de pompaj.

După părerea specialiştilor, construirea unor asemenea vase de protecţie va elimina criteriul securităţii în alegerea amplasamentului centralelor nuclearoelectrice şi nu vor mai fi necesare studii climatologice şi calcule asupra propagării radioactivităţii în atmosferă. Principiile respective şi-au găsit prima aplicare în construcţia CNE Würgassen de 600 MW_e, în construcţie în prezent în R.F. a Germaniei.

(Die Atomwirtschaft nr. 1, 1968)

Compania ,,Consumers Power'' va construi în partea de sud a statului Michigan o centrală nuclearoelectrică de de 1500 MW_e, echipată cu două reactoare, care va avea un dublu scop : producerea unei puteri electrice de 1300 MW_e pentru sistemul energetic respectiv şi alimentarea cu circa 2000 t/h abur a unor uzine chimice din apropiere. Aceasta reprezintă prima mare unitate nucleară din lume (cu excepţia centralei nuclearoelectrice Ågesta, din Suedia) destinată producerii de energie electrică şi de căldură.
Investiţia specifică totală va fi de aproximativ 180 $/kW_e$. Prima unitate va fi pusă în funcţiune în primăvara anului 1974, iar cea de-a doua un an mai tîrziu. Preţul energiei electrice va fi sub 4 mills./kWh. Aburul produs la trei presiuni va fi transportat pe o distanţă de aproximativ 1,7 km.

(Die Atomwirtschaft nr. 1, 1968)

În R.F. a Germaniei s-a făcut pentru prima oară, la sfîrşitul anului 1967, evaluarea construcţiei unei centrale nuclearoelectrice de 600 MW_e, echipată cu un reactor tip AGR, construibil de către industria germană. Pentru centrala care va trebui să intre în funcţiune în 1972, evaluările sînt foarte optimiste şi prevăd costuri de 120—125 $/kW, la care să se adauge costul primei încărcături de combustibil nuclear (1,5—1,8% îmbogăţire cu U_{235}) de 33—35 $/kW. Centrala va produce energie electrică la preţul de cost de 3,3—3,5 mills./kWh, din care cota combustibilului este 1,25—1,4 mills/kWh. Preţul de revenire al energiei electrice a fost calculat în următoarele premise : durata de utilizare a centralei — 8000 h/an, durata de viaţă a centralei — 17 ani, dobînzi 7,5%, taxe 2,5%, preţul uraniului 17,7 $/kg, costul îmbogăţirii 57,5 $/kg (după preţurile UJAEC).
Se apreciază că acest tip de reactor are mari posibilităţi potenţiale de dezvoltare şi că la o a doua unitate ce s-ar construi în R.F. a Germaniei după 1970 s-ar putea scădea investiţia specifică la 100 $/kW şi preţul energiei electrice la 2,75—3 mills/kWh, din care cotaparte a combustibilului 0,9—1,0 mills/kWh.

(Die Atomwirtschaft nr. 1, 1968)

EdF a primit la sfîrşitul anului 1967 autorizaţia din partea guvernului francez de a construi două centrale nuclearoelectrice la Fessenheim.Fiecare centrală va fi echipată cu cîte un reactor GCR tip EdF—4 de cîte 740 MW_e. Construcţia primei centrale Fessenheim — 1 va începe în 1968, iar a lui Fessenheim—2 la jumătatea anului 1969.

(Die Atomwirtschaft nr. 1, 1968)

În Peninsula Kola a început construcţia celei de-a doua centrale nuclearoelectrice de mică putere din U.R.S.S., amplasată dincolo de Cercul Polar. Această centrală va alimenta cu energie electrică cîmpurile de extracţie a bauxitei şi apatitei din zonă. Prima centrală dincolo de Cercul Polar a fost amplasată pe Peninsula Ciucea şi are o putere de 48 MW_e.

(Die Atomwirtschaft nr. 1, 1968)

Compania de energie electrică a statului Georgia (S.U.A.) a comandat firmei ,,General Electric'' o centrală nuclearoelectrică echipată cu un reactor de 800 MW_e de tip BWR (cu apă obişnuită în fierbere). Centrala va fi amplasată în partea de sud a statului Georgia, la Baxley, pe malul rîului Altamaha, şi va fi pusă în funcţiune în 1973. Costul total al centralei se apreciază la aproximativ 185 $/kW_e$. Se preconizează să se instaleze încă o unitate asemănătoare pe acelaşi amplasament.

(Die Atomwirtschaft nr. 1, 1968)

Compania de energie electrică Florida Power & Light Co. a comandat firmei ,,Combustion Engineering'' o centrală nuclearoelectrică echipată cu un reactor de 800 MW_e tip PWR (cu apă obişnuită sub presiune), care să intre în funcţiune în 1973. O a doua centrală similară va intra în funcţiune în 1974. Amplasamentul nu a fost încă precizat, dar nu va fi lîngă centrala nuclearoelectrică Turkey Point, echipată cu două reactoare de cîte 760 MW_e tip PWR, ce aparţine aceleiaşi firme.

(Die Atomwirtschaft nr. 1, 1968)

Cea de-a doua centrală nuclearoelectrică din R.D.G. se va numi Centrala nuclearoelectrică Nord (Kernkraftwerke Nord — KKN) şi va fi amplasată lîngă Lubmin, la nord-vest de Greifswald. Centrala KKN va fi o dezvoltare a centralei nucleare de la Rheinsberg, fiind echipată cu un reactor de acelaşi tip (PWR — Novo—Voronej), cu o putere de 700 MW_e, care va fi pus în funcţiune în 1974. Lucrările pregătitoare şi de proiectare au şi început.

(Die Atomwirtschaft nr. 1, 1968)

Societatea Hidroelectrica Española a anunţat că nu va mai construi centrala nuclearoelectrică de 500 MW_e de la Peniscola, pe care o avea în plan. În locul ei va construi o centrală termoelectrică pe combustibil clasic.

(Die Atomwirtschaft nr. 1, 1968)

Spre surprinderea unui mare număr de specialişti, în 1967 în S.U.A. au fost comandate mai multe centrale nuclearoelectrice decît în 1966. Numărul acestora este de 30—31 şi însumează o putere totală de circa 25 500 MW_e. În 1966 se comandaseră numai 24 centrale ce însumau o putere totală de 20 000 MW_e. Comenzile pe firme industriale se împart astfel :

— firma ,,Westinghouse'', specializată în construcţia de reactoare PWR, a primit comanda pentru 12 unităţi ce însumează o putere de 10800 MW_e, plus o unitate de 500 MW_e pentru Japonia ;

— firma ,,General Electric'', specializată în construcţia de reactoare BWR, a primit comanda pentru opt unităţi ce însumează 6500 MW_e, plus o centrală de 460 MW_e pentru Japonia ;

— firma ,,Babcock & Wilcox'', pentru cinci unităţi cu o putere totală de 4200 MW_e ;

— firma ,,Combustion Engineering'', pentru 5—6 unităţi cu o putere totală de 4000 MW_e.

(Die Atomwirtschaft nr. 1, 1968)

Între 29 mai şi 2 iulie 1967 la Viena a avut loc un simpozion internaţional organizat de AIEA şi Euratom asupra depozitării deşeurilor radioactive în sol. Au participat 120 specialişti din 24 ţări, care au prezentat 43 referate. Referatele au tratat : problemele depozitării deşeurilor radioactive solide şi lichide cu activităţi specifice diferite, în diverse categorii de soluri, şi ale păstrării lichidelor radioactive în formaţiuni geologice adînci ; rezultatele cercetărilor de durată asupra migraţiei substanţelor radioactive făcute în diverse ţări în diferite condiţii specifice ; rezultatele cercetărilor privind înglobarea deşeurilor în ciment, bitum, sticlă etc. şi diverse alte probleme privind siguranţa şi procesul de tratare şi depozitare a deşeurilor radioactive.
În referate s-au dat exemple de realizări de depozite de la diferite uzine. Astfel pentru depozitarea deşeurilor cu activităţi medii la uzinele Windscale (Anglia), Savanach-River (S.U.A.) şi Centrul de cercetări Los Alammos (S.U.A.) s-au făcut tranşee largi de 8—30 m, adînci de 4—8 m, lungi de 150—700 m, cu un volum total de 40 000—45 000 m^3. După umplere, tranşeele au fost acoperite cu pămînt. La Chalk River (Canada), deşeurile cu activitate ridicată au fost depozitate în tranşee betonate de 4—5 m adîncime, 6—8 m lungime şi 4 m lăţime. Deşeurile sosesc la depozit înglobate în blocuri de beton manipulabile cu macaraua. S-a utilizat şi procedeul înglobării lor în beton chiar în cadrul depozitului, formînd monoliţi.
Se prezintă şi alte soluţii, care au în vedere utilizarea minelor sau cavităţilor geologice naturale etc. şi rezultatele

cercetărilor legate de limitarea migrației radionuclizilor în sol și în ape.

(Atomnaia Energhiia nr. 12/1967)

La sfîrșitul anului 1967 a fost votat în R. F. a Germaniei cel de-al treilea program nuclear cincinal, care va acoperi perioada 1968—1972. Spre deosebire de primele două programe nucleare, care nu reprezentau decît recomandări ale Comisiei de energie atomică a R. F. a Germaniei, actualul program reprezintă un program guvernamental. Ca și celelalte programe, trasează liniile directoare generale, care se prevede însă să fie revizuite ori de cîte ori va fi nevoie în timpul aplicării.

Dintre obiectivele cele mai importante ale acestui program se remarcă : construirea cu începere din 1969 a unei centrale nucleare prototip de 300 MW, echipată cu un reactor de înaltă temperatură, răcit cu gaz ; construirea uneia sau a două centrale prototip de 300 MW echipate cu reactoare rapide reproducătoare (1970—1971) și participarea la construcția unei uzine europene de îmbogățire izotopică a uraniului și la construcția unei uzine de retratare a combustibilului iradiat, cu o capacitate de 800 t/an.

Realizarea acestui program necesită suma de circa 5 miliarde DM, din care 4 miliarde vor fi date de guvern. Ca și în cadrul celui de-al doilea program, în programul al treilea s-a prevăzut ca aproximativ 50% din fonduri să fie îndreptate spre cercetarea științifică și spre dezvoltarea tehnicii. Se prevede de asemenea colaborarea și la activitatea de cercetare internațională.

(Die Atomwirtschaft nr. 1, 1968)

Lista centralelor nuclearoelectrice a căror reactoare au devenit critice în cursul anului 1967 (1.12.1966 — 30.11.1967) :

Nr. crt.	Denumirea centralei	Țara	Amplasamentul	Tipul reactorului	Puterea electrică, MW_e	Data la care a devenit critic
1	EL-4	Franța	Brennilis	HWGCR	70	23.12.1966
2	Oldbury-1	Anglia	Oldbury	GCR	600 (2 reactoare)	16.8.1967
3	SGHWR	Anglia	Winfrith	SGHWR	100	14.9.1967
4	Lucens	Elveția	Lucens	HWGCR	7	29.12.1966
5	MH-1A	S.U.A.	Sturgis	PWR	10	25.1.1967
6	San Onofre	S.U.A.	San Onofre	PWR	480	14.6.1967
7	LACBWR	S.U.A.	Genoa-Wisconsin	BWR	50	11.7.1967
8	Connecticut-Yankee	S.U.A.	Haddam-Neck	PWR	462	24.7.1967

Conform prevederilor Comisiei Federale pentru Energie, vîrful de sarcină al S.U.A. în această iarnă s-a estimat la valoarea de 205 677 MW față de o putere în funcțiune de 255 482 MW și o rezervă de 30 033 MW.

(Electrical Review, 5 ian. 1968)

Vîrful de sarcină maxim în Marea Britanie a atins valoarea de 53824 MW în ziua de 10 ianuarie a.c. orele 17,30, înregistrîndu-se o creștere de 5,5% față de anul precedent.

(Electrical Review, 18 ian. 1968)

Firma „Consolidated Edison" a comandat firmei AEI (Marea Britanie) un grup turbogenerator cu o putere de 1100 MW pentru o centrală nucleară ce va fi amplasată lîngă New-York.

(Electrical Review, 19 ian. 1968)

În localitatea Hebburn-on-Tyne se extind laboratoarele companiei Reyrolle, producătoare de aparataj de înaltă tensiune.

În stația de încercări, utilajele se vor testa la tensiuni de serviciu pînă la 1500 kV și puteri de scurtcircuit trifazice, la tensiunea de 275 kV, pînă la 5000 MVA. Din cei 10 000 salariați ai firmei, în cadrul laboratoarelor de încercări lucrează 300 lucrători, din care 50 personal tehnic superior și 200 tehnicieni.

(Electrical Review, 2 febr. 1968)

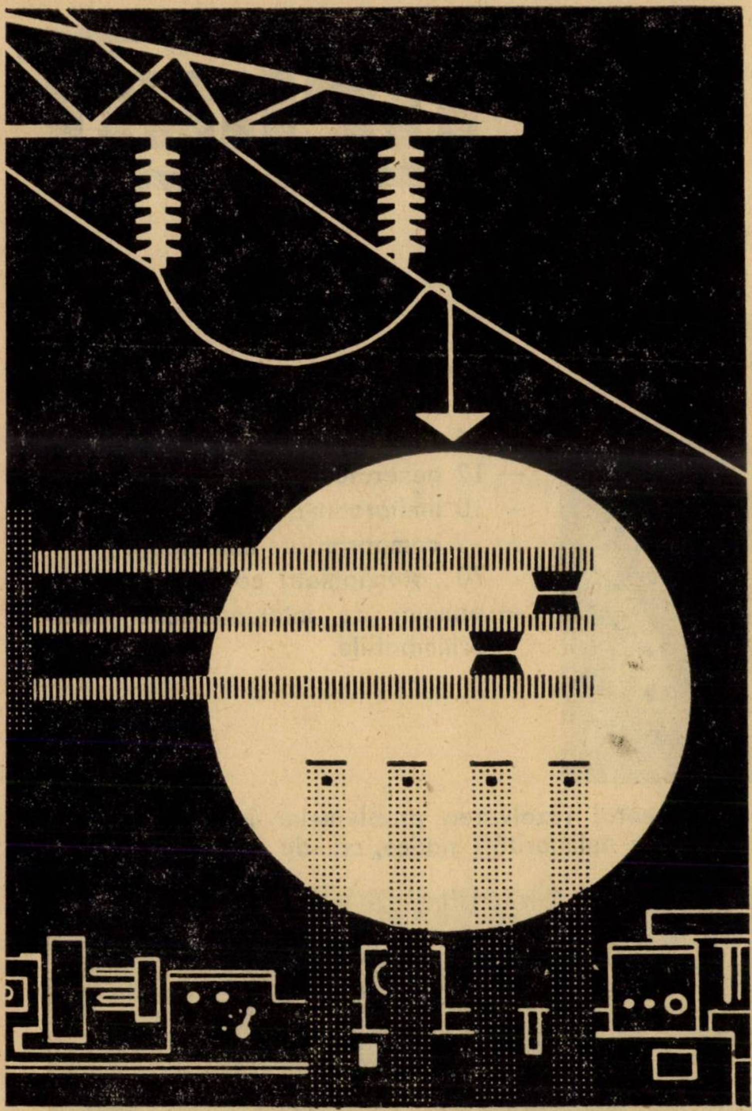
* * *

Revista „ENERGETICA", organ al Ministerului Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R. S. România (CNIT). Redacția : București, Splaiul Independenței nr. 49, Sectorul VI, Tel. 136683 ; 130053. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament : nr. 058001 B.N.R.S.R. — Sectorul VI. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri lei 30 anual. Prețul unui exemplar lei 5. — Tiparul : Întreprinderea Poligrafică „Informația", București — c. 6338

Taxele poștale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.T. nr. 10 1095, 1967

41 401

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883



REZOLVAREA RAȚIONALĂ A PROBLEMELOR DE COMANDĂ ȘI DE PROTECȚIE

Contactele strînse între noi, ca producători, și cele mai felurite industrii care folosesc produsele noastre asigură o ofertă de relee corespunzătoare necesităților. Pentru rezolvarea multiplelor probleme relative la comandă automată, vă oferim între altele: relee intermediare, de timp, de semnalizare, de protecție, contacte tubulare de protecție, precum și blocuri ale sistemului de comandă fără contact Translog și ale sistemului Relog.
Mai fabricăm pentru scopurile tehnicii de protecție în distribuția de energie, între altele: relee de protecție la distanță pentru a fi introduse în rețelele de tensiune înaltă, medie și foarte înaltă.

Vă rugăm a ne cere prospecte detaliate.

ELEKTRO-APPARATE-WERKE DER DDR

Informații referitoare la export prin:

Exportkontor Elektroapparate 1134 Berlin-Lichtenberg 4
Kynaststrasse 18—20
im Auftrag des DEUTSCHEN INNEN-UND
AUSSENHANDELS Elektrotechnik

Republica Democrată Germană

ELEKTRO-APPARATE WERKE DER DDR

EAW

ÎN CADRUL OFICIULUI DE DOCUMENTARE ȘI PUBLICAȚII TEHNICE AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE au apărut primele numere ale revistelor de specialitate cu caracter tehnic:

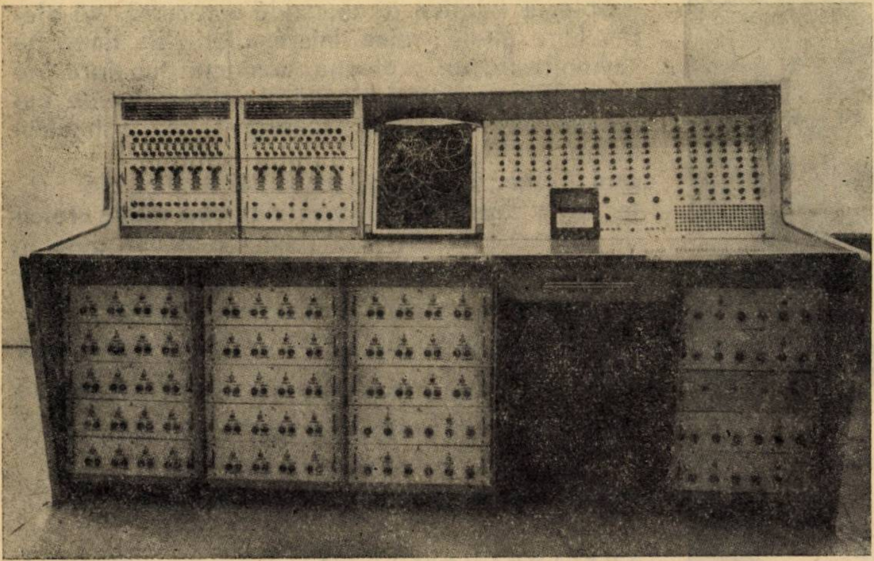
— revista **„Construcții și montaje energetice“**,

— revista **„Producerea, transportul și distribuția energiei electrice și termice“**.

Prin aceste reviste se urmărește, în primul rînd, ridicarea continuă a nivelului profesional al tuturor cadrelor energetice din M.E.E. și sprijinirea personalului tehnic în rezolvarea unor probleme din producție, prin comunicarea experienței înaintate din țară și străinătate. În cursul anului 1968 revistele vor avea apariție trimestrială și vor cuprinde articole cu caracter științific și practic din activitatea celor două sectoare, descrierea unor procedee tehnologice sau a unor metode de muncă noi, analiza unor incidente de exploatare caracteristice, note tehnice, știri cu privire la activitatea inovatorică și generalizarea inovațiilor importante, informări asupra concluziilor și măsurilor luate privind organizarea științifică a producției și a muncii, realizări și propuneri de măsuri de protecția muncii, dări de seamă asupra schimburilor de experiență, recenzii ale cărților de specialitate, informări asupra rezultatelor obținute prin deplasarea unor delegați în străinătate, dări de seamă asupra conferințelor cu teme de specialitate etc.

Alături de revista „Energetica“, aceste două reviste vor contribui la îmbunătățirea efectivă a sistemului de informare și documentare a personalului tehnic al întreprinderilor din sectorul energetic.

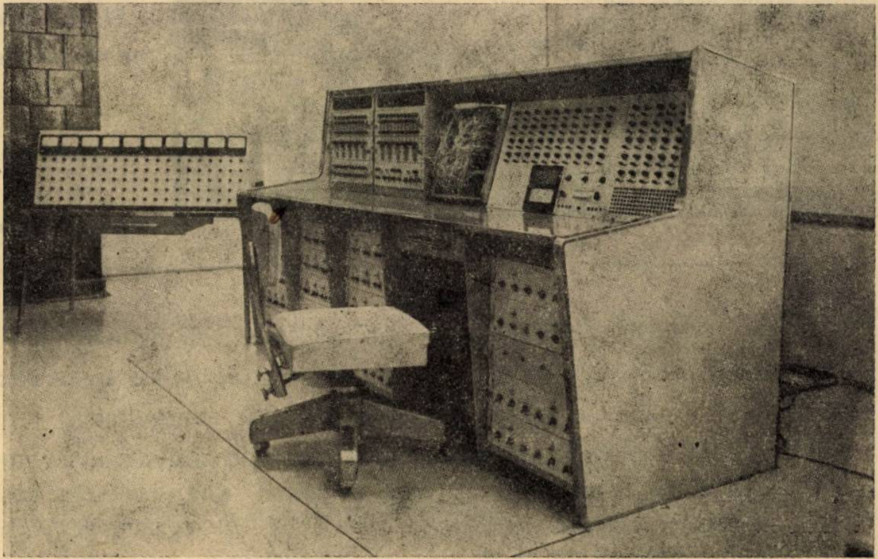
irme



dispune de un calculator analogic avînd următoarele caracteristici:

- — 66 amplificatoare operaţionale;
- — 12 generatoare de funcţii;
- — 10 limitatoare;
- — 2 comparatoare-limitatoare;
- — 70 potenţiometri coeficienţi;
- — panouri de interconexiune interschimbabile.

Calculatorul permite în general rezolvarea problemelor în care intervin ecuaţii diferenţiale liniare sau neliniarităţi statice, ca, de exemplu:



- — acordarea regulatoarelor de:
  - — tensiune;
  - — turaţie;
  - — ardere a cazanelor;
  - — putere (ale centralelor care participă la reglarea frecvenţă-putere;
  - — nivel (ale centralelor hidroelectrice funcţionînd pe canal);
- — determinarea caracteristicilor dinamice (funcţiilor de transfer) ale elementelor de automatizare şi ale agregatelor automatizate;
- — alegerea schemelor optime de reglare a arderii;
- — rezolvarea ecuaţiilor privind fenomenele de propagare a căldurii;
- — rezolvarea ecuaţiilor privind fenomenele de supratensiuni de comutaţie;
- — determinarea repartiţiei optime a sarcinii între:
  - — agregatele unei centrale;
    - - între cazane,
    - - între turbine,
  - — centralele interconectate.

Pentru efectuarea operaţiilor indicate, I.R..M.E. pune la dispoziţie calculatorul analogic şi asistenţă tehnică pentru rezolvarea acestor probleme. Comenzile se primesc la sediul I.R.M.E. din Bucureşti, Sectorul 4, str. Doamnei nr. 14

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

ISPE

Tel. 15 89 60

București, Bd. Republicii • nr. 29

elaborează:

- studii de amenajări complexe de sisteme energetice
- studii de centrale electrice de condensaţie şi termoficare
- studii de reţele complexe de termoficare urbană şi industrială

acordă asistenţă tehnică

- pentru stabilirea echipamentului tehnologic la lucrări energetice, execuţie şi punere în funcţiune

proiectează:

— centrale termoelectrice
— reţele de termoficare

elaborates the studies for:

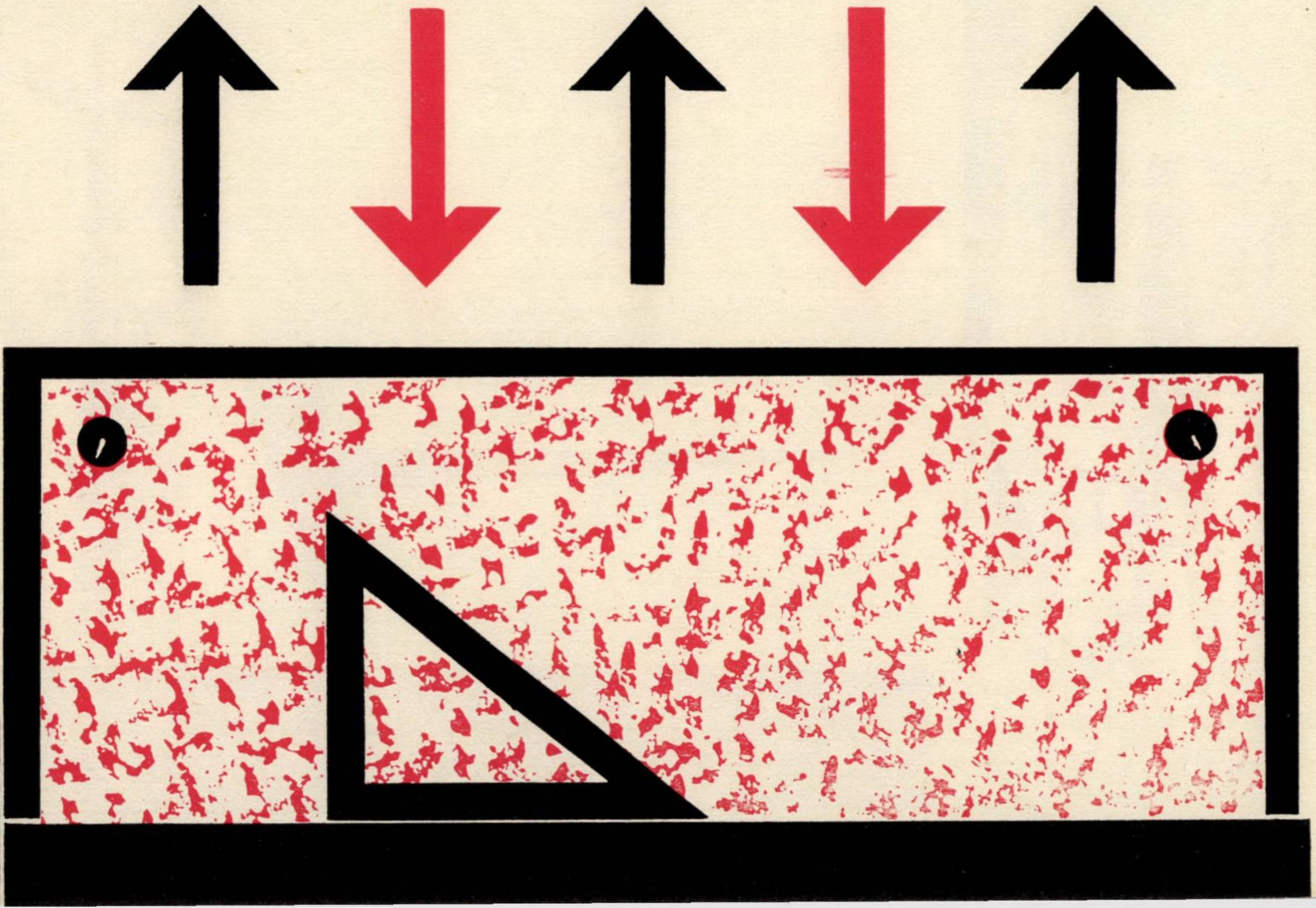
- complex power systems
- thermal power plants and combined heat and power plants
- district and industrial heating networks

designs

- thermal power plants
- district and industrial heating networks

gives technical assistance

- for the erection and starting of power equipment



I.E
SIBIU

construiește:

● linii electrice aeriene și subterane de joasă tensiune

● linii electrice de inaltă tensiune și posturi de transformare pentru electrificări rurale

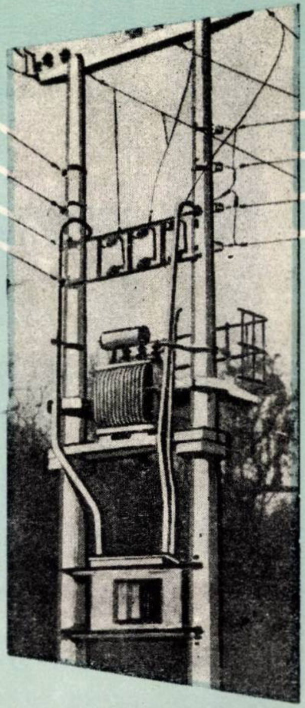
execută:

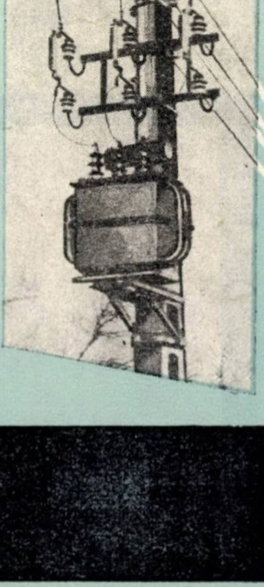
● branșamente și instalații electrice interioare de lumină și forță

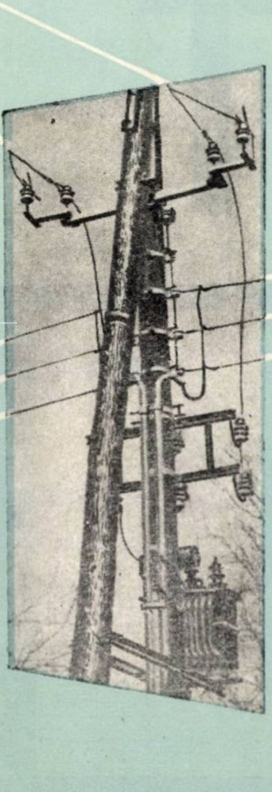
repară:

● instalații electrice de lumină și forță la abonații din mediul rural

INTREPRINDEREA DE ELECTRICITATE
SIBIU – STRADA UZINEI Nr. 7







TRUSTUL

ELECTROMONTAJ

Execută prin unităţile sale de construcţii :

- Staţii electrice şi posturi de transformare
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuţie
- Electrificări rurale

Produce prin unităţile sale industriale :

- Stîlpi metalici
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionaţi
- Celule şi panouri pentru centrale şi staţii electrice
- Posturi de transformare urbane şi rurale complet prefabricate
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, staţii, posturi de transformare şi linii electrice de transport şi distribuţie

BUCURESTI, CALEA MOSILOR

IDEB

ÎNTREPRINDEREA DE DISTRIBUȚIE
A
ENERGIEI ELECTRICE - BUCUREȘTI

PROIECTEAZĂ EXECUTĂ EXPLOATEAZĂ

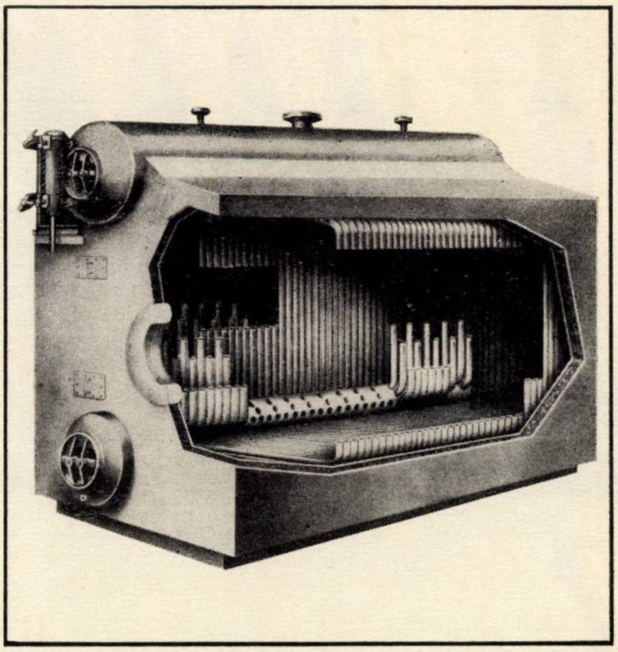
instalațiile electrice de iluminat a:
străzilor și bulevardelor, piețelor, fațadelor
clădirilor monumentale, monumentelor,
parcurilor, stadioanelor etc.

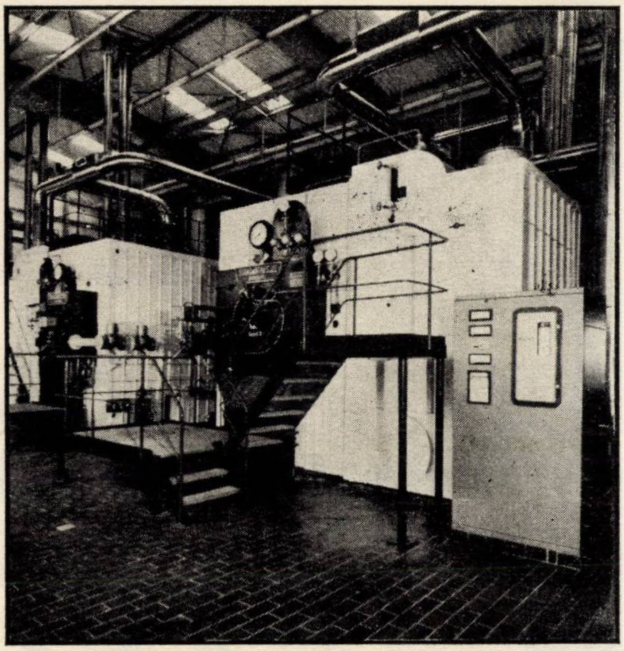
ATENEUL ROMAN

R.Dragomir

Cazane de constructie compactă

STANDARD-PORTAKESSEL





Cazan acvatubular de apă supraîncălzită, abur saturat şi abur supraîncălzit. Elementele de construcţie ale acestui cazan sînt ţevi cu aripioare. Desimea ţevilor şi poziţia paralelă, fără spaţii intermediare, a drumurilor de gaze, permit livrarea cazanului pînă la cele mai mari puteri în construcţie compactă. Dimensiunile camerei de ardere, în special adîncimea camerei de ardere, sînt astfel alese încît să asigure desfăşurarea ireproşabilă a arderii. Instalaţia de ardere se construieşte în mod obişnuit pentru păcură, gaze sau combinat, pentru păcură şi gaze.

Domeniile de aplicaţie a acestui cazan sînt: producerea energiei electrice în centrale industriale mici şi mijlocii; producerea apei supraîncălzite pentru alimentarea centralizată cu căldură de la instalaţii de încălzire mari de la distanţă; producerea aburului saturat pentru întreprinderi de orice natură.

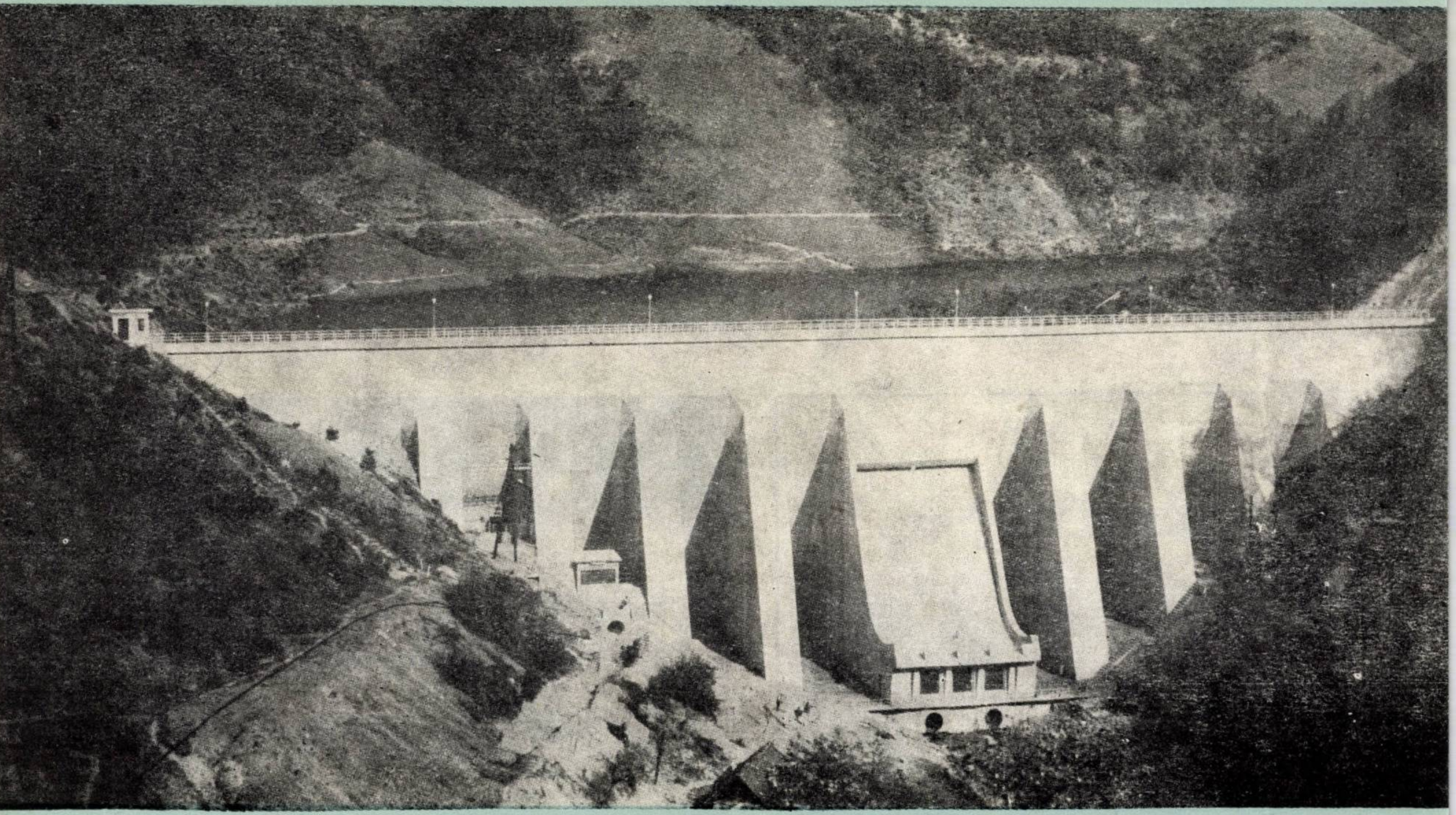
STANDARD-PORTAKESSEL (cazanele Porta-standard) se construiesc pentru abur saturat pînă la presiuni de 67 kgf/cm², pentru abur supraîncălzit cu temperaturi pînă la 500°C.

Există peste 20 de tipuri diferite de cazane pînă la debite de 25 t/h. Pentru nevoi mai reduse şi presiuni mai scăzute, construim STANDARD-CONDORKESSEL (cazane Condor-standard), cazane de construcţie compactă combinate cu tub de flacără şi ţevi de fum.

STANDARDKESSEL DUISBURG

SKG
STANDARD

R. F. a Germaniei
41 Duisburg
Wilhelmshöhe
☎ 02131 / 3 43 41
0855 650



ICH

INTREPRINDEREA
CONSTRUCTII
HIDROENERGETICE

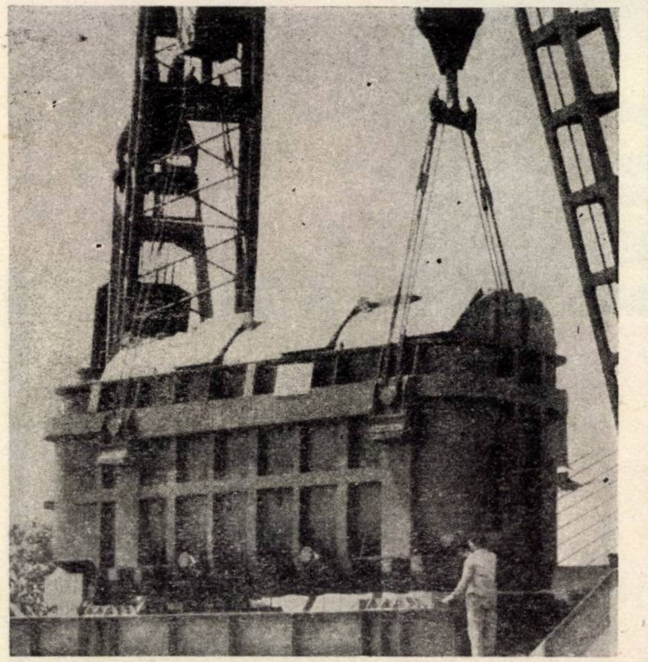
EXECUTĂ LUCRĂRI DE

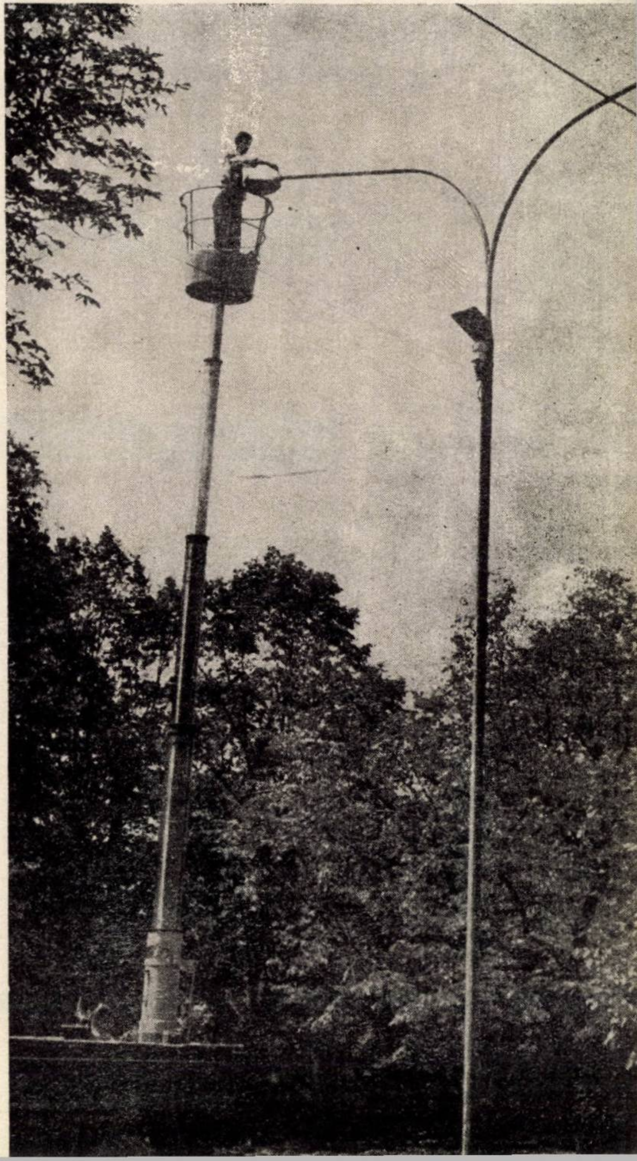
- BARAJE DE TOATE GENURILE
- CENTRALE HIDROELECTRICE SUBTERANE ȘI DE SUPRAFAȚĂ
- TUNELURI ȘI GALERII HIDROTEHNICE
- CANALE ȘI DIGURI
- AMENAJĂRI PENTRU ALIMENTĂRI CU APĂ A MARILOR INDUSTRII

I. C. H.-București,
str. Dimitrie Onciu nr. 23-25
Telefon 35.54 70
Telex INCOHIDROEN Buc. 244

INTREPRINDEREA
ELECTROMONTAJ BUCUREȘTI

EM





EXECUTĂ:

- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuție
- Rețele electrice in cablu subteran pînă la 110 kV
- Stații de distribuție și posturi de transformare
- Stații de transformare de 35-400 kV
- Rețele de iluminat public
- Electrificări rurale

București, Str. Candiano Popescu Nr. 1 — tel. 23.88.30

INTREPRINDEREA
DE
ELECTRICITATE

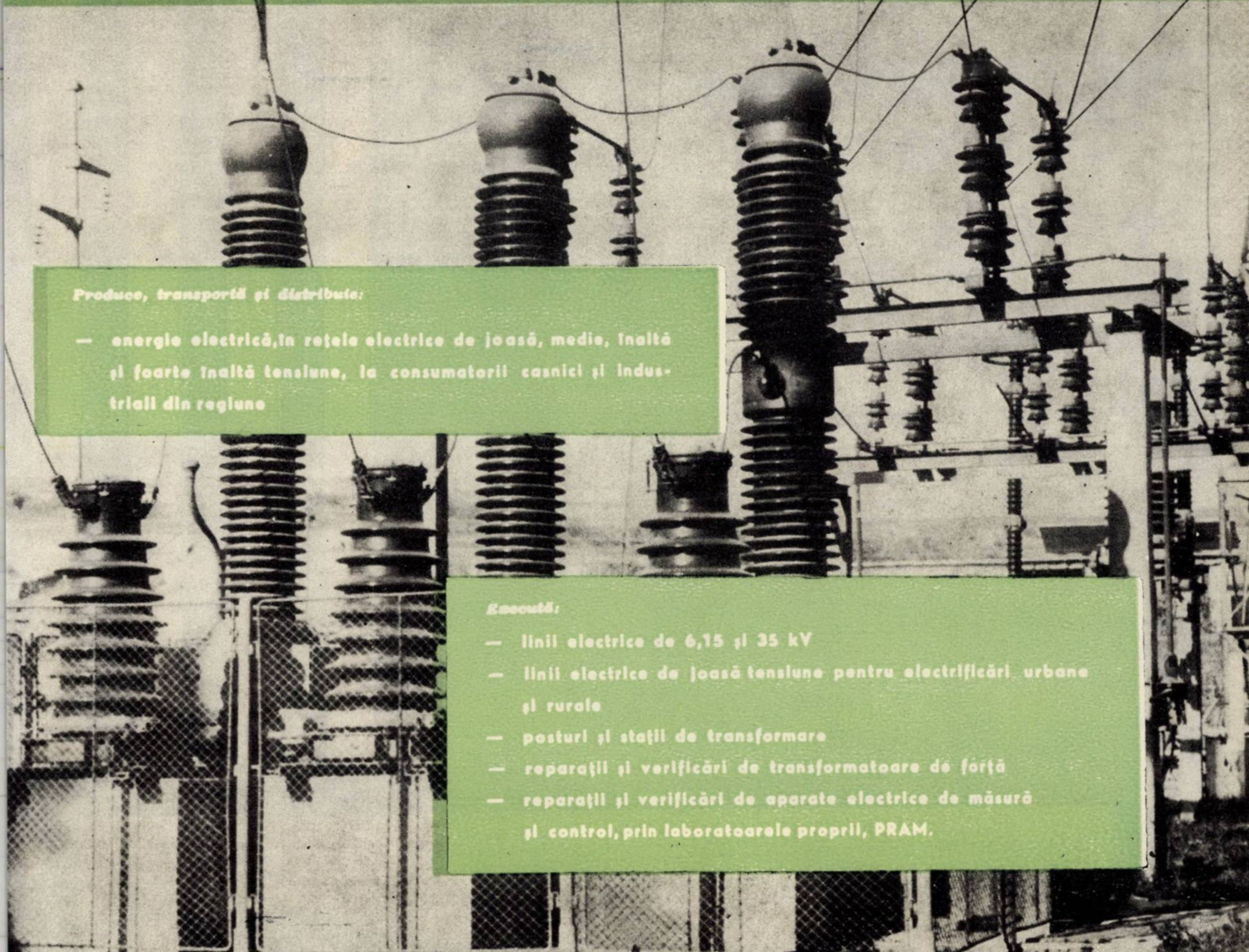
IAȘI

- produce și distribuie energie electrică și termică pentru consumatori industriali și casnici

- proiectează și execută lucrări de construcții-montaj și instalații interioare la consumatori industriali și casnici

IAȘI

I.R.E. OLTENIA



Produce, transportă și distribuie:

- energie electrică, în rețele electrice de joasă, medie, înaltă și foarte înaltă tensiune, la consumatorii casnici și industriali din regiune

Execută:

- linii electrice de 6,15 și 35 kV
- linii electrice de joasă tensiune pentru electrificări urbane și rurale
- posturi și stații de transformare
- reparații și verificări de transformatoare de forță
- reparații și verificări de aparate electrice de măsură și control, prin laboratoarele proprii, PRAM.

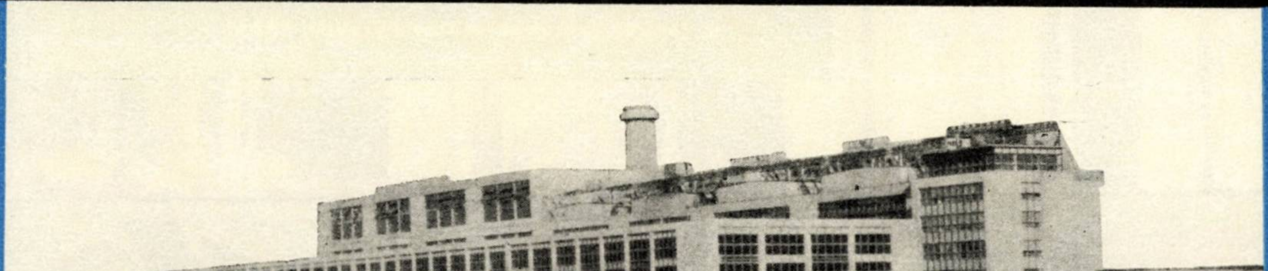
Intocmește:

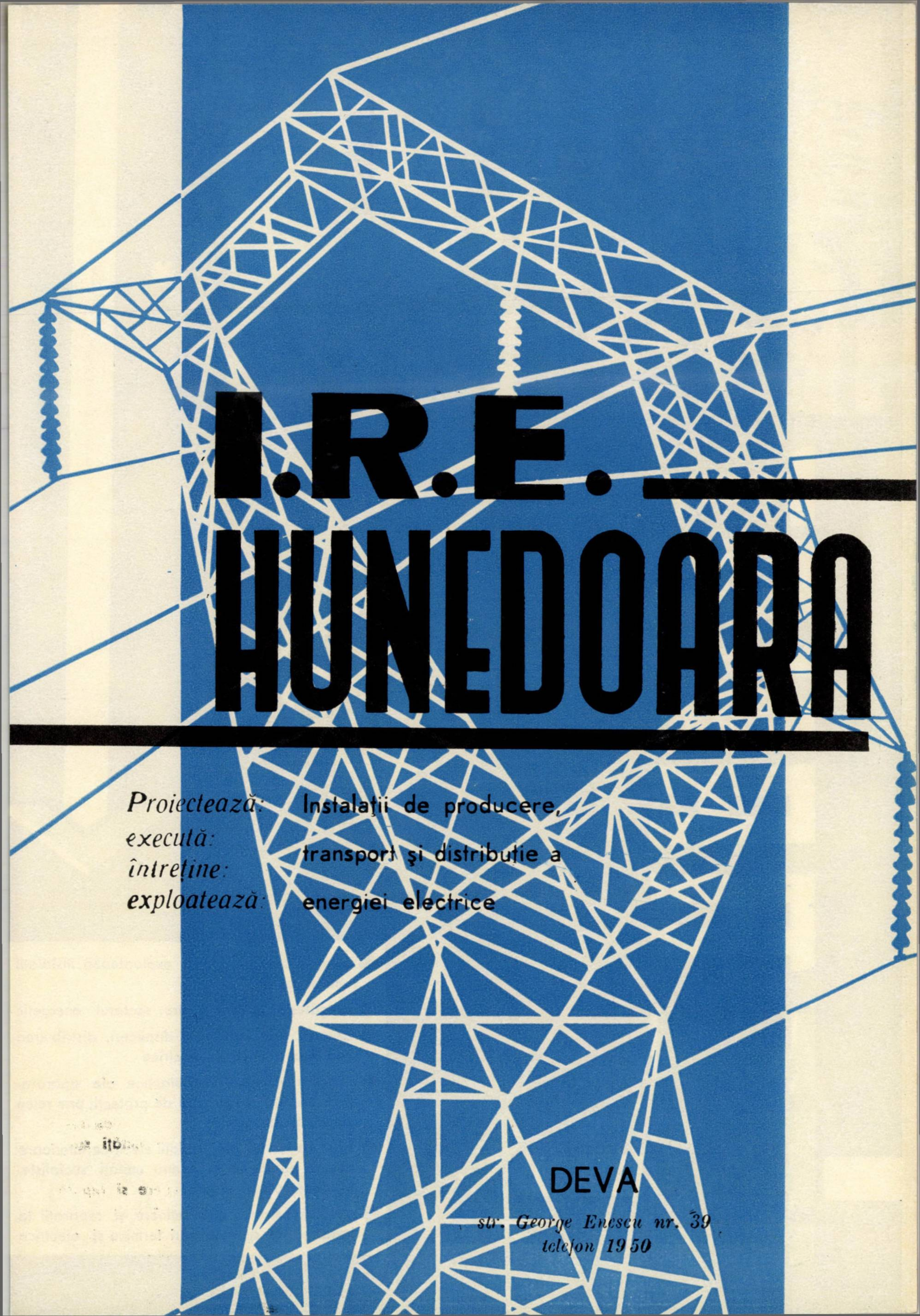
- studii tehnico-economice pentru lucrări noi și îmbunătățirea instalațiilor existente
- proiecte de execuție pentru linii aeriene și subterane, posturi și stații de transformare, instalații de iluminat exterior

întreprinderea
CENTRALA TERMOELECTRICĂ LUDUȘ

ÎNTREPRINDEREA CENTRALA TERMOELECTRICĂ LUDUȘ - IERNUT
(JUDEȚUL MUREȘ)

produce energie electrică, pe care o debitează în sistemul energetic național la tensiunile de 110 și 220 kV, iar prin stația de 400 kV în sistemul interconectat cu alte țări.



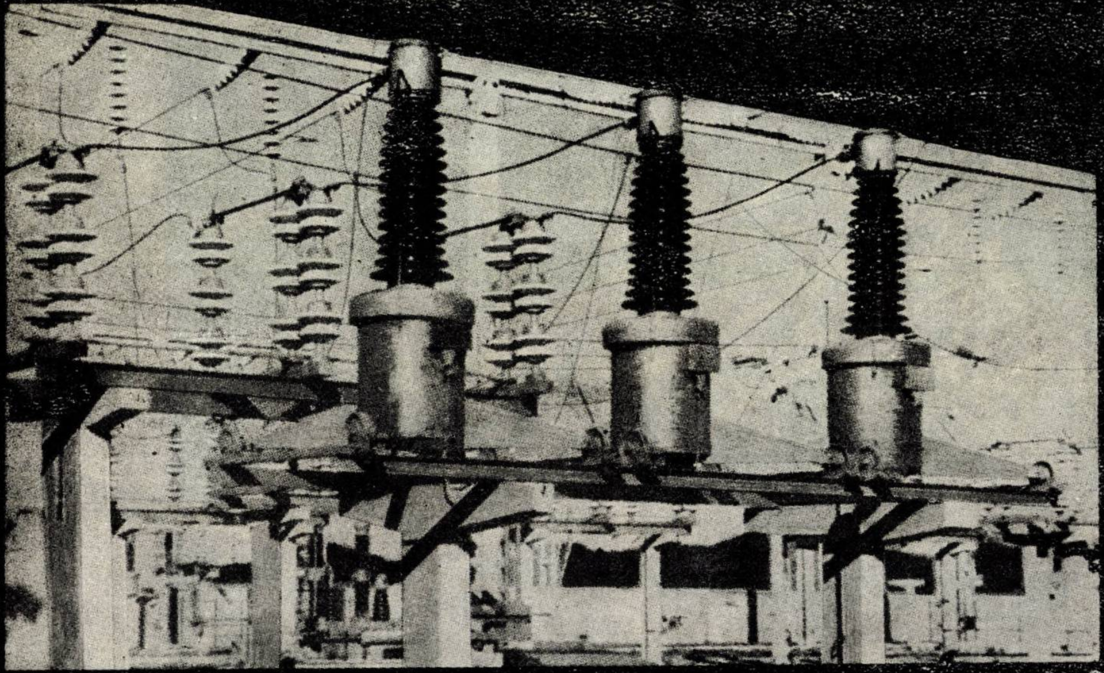


I.R.E. HUNEDOARA

Proiectează:
execută:
întreține:
exploatează:

Instalații de producere, transport și distribuție a energiei electrice

DEVA
str. George Enescu nr. 39
telefon 1950



IRE BANAT

- proiectează, execută şi exploatează instalaţii energetice
- pregăteşte cadre pentru sectorul energetic
- asigură, prin corpul de dispeceri, distribuirea continuă a energiei electrice
- execută verificări profilactice ale aparatajului electric şi verificări de protecţii prin relee cu unităţi proprii
- execută lucrări de instalaţii electrice interioare pentru populaţie şi pentru unităţi socialiste, în mediu urban şi rural
- execută lucrări de întreţinere şi reparaţii la instalaţii de automatizări termice şi electrice

C_2H_2
acetilenă

întreprinderea

ENERGOMONTAJ

produce și livrează acetilenă îmbuteliată de bună calitate, de la fabrica proprie, echipată cu utilaj ultramodern, amplasată la șantierul CTE Deva-Mintia.

Cererile se vor adresa la: „Energomontaj"
București, Calea Dorobanților nr. 105,
Serviciul Aprovizionare.

IRE
GALAȚI

1968 OKT 16

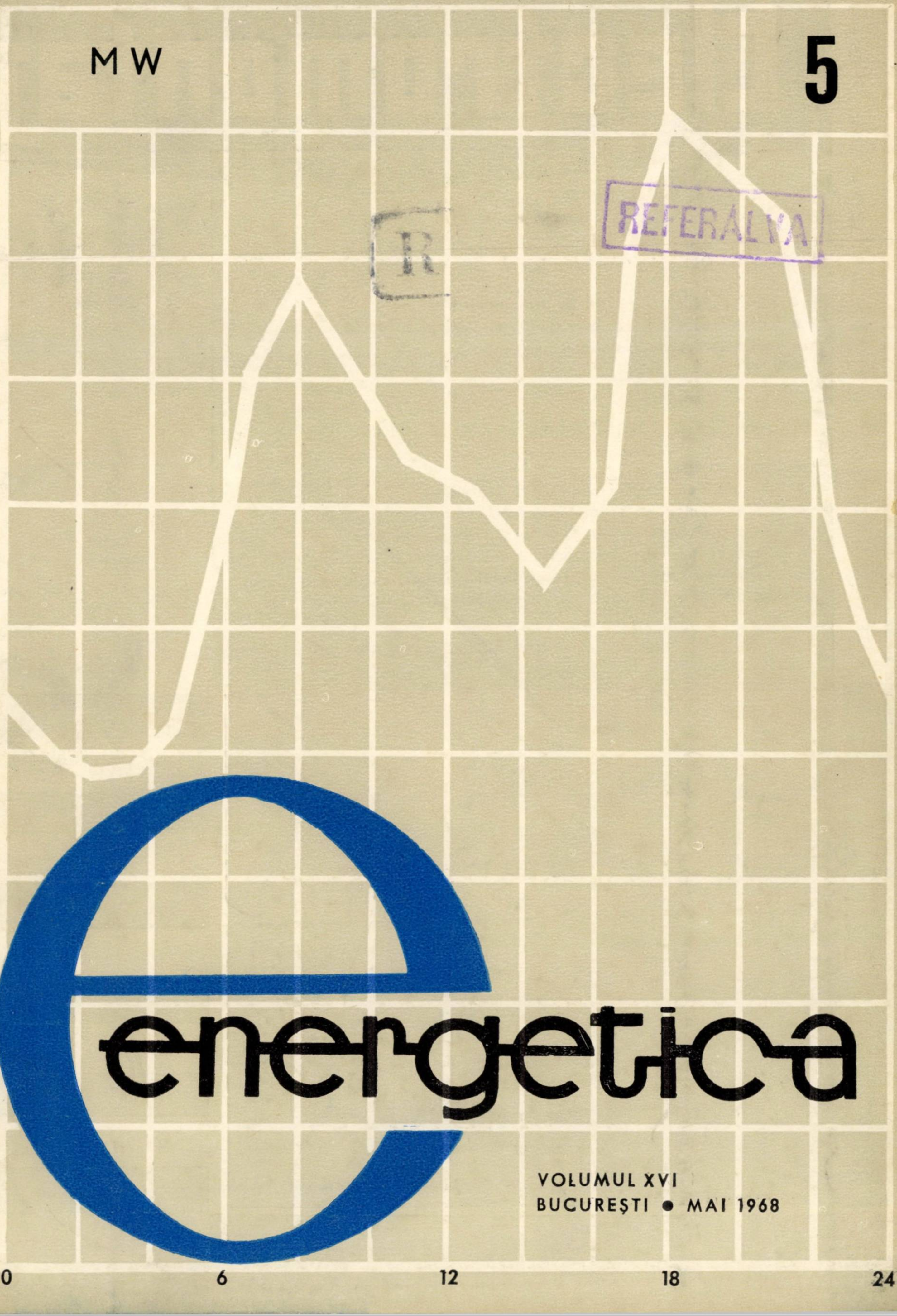
— produce, transportă și distribuie energie electrică pentru consumul industrial, edilitar și casnic;

— proiectează și construiește rețele de distribuție urbane și rurale;

— execută verificări pentru echipament electroenergetic, aparataj electric și instalații de protecție prin relee și automatizări

E 2039

5



R

REFERÁLVA

energetica

VOLUMUL XVI
BUCUREŞTI • MAI 1968

TRUSTUL

Electromontaj

Execută prin unitățile sale de construcții

- Stații electrice și posturi de transformare
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuție
- Electrificări rurale

Produce prin unitățile sale industriale:

- Stîlpi metalici
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionați
- Celule și panouri pentru centrale și stații electrice
- Posturi de transformare urbane și rurale complet prefabricate
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, stații, posturi de transformare și linii electrice de transport și distribuție

BUCUREȘTI, CALEA MOȘILOR 158 – TELEFON 16.63.3

ORSZÁGOS MŰSZ. KÖNYVTÁR

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL
AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 16 Nr. 5 MAI

Cuprinsul

Popovici, V. **Diagramă unică pentru studierea şi calcularea ciclurilor termice de gaze** 201—202

Slăvescu, M. **Aparat pentru măsurarea conţinutului de cenuşă din gazele de ardere la cazanele funcţionînd pe cărbune pulverizat** 203—206

Radu-Cernea, A., Pop. I. şi *Brătescu, V.* **Centrale electrice mobile ca grupuri de intervenţie şi ca rezervă pentru consumatori importanţi** 206—211

Mathe, B., Broşteanu, Gh. şi *Tudorache, C.* **Comportarea noului întreruptor cu ulei puţin de 110 kV (IO-110) la defect kilometric** 212—217

Goia, L. **Metode moderne de determinare a rezistivităţii straturilor de sol** 217—227

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

Săvulescu, Cr. **Evoluţii recente ale metodelor numerice de determinare a regimurilor staţionare ale sistemelor electroenergetice** 227—232

ENERGETICA PESTE HOTARE

Golici, D. **Aspecte privind pornirea turbinelor cu abur în U.R.S.S.** 232—236

CRONICĂ

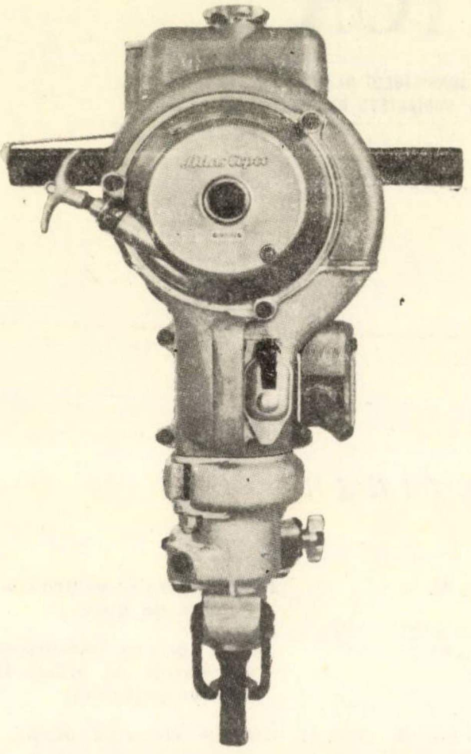
RECENZII

INFORMAŢII TEHNICE

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. ing. I. D. STANCESCU, redactor responsabil, ing. G. IORGULESCU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, ing. ST. BERENGHI, conf. ing. A. COGALNICEANU, conf. ing. E. CONSTANTINESCU, ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, laureat al Premiului de Stat, ing. H. FURTUNESCU, ing. L. LUCA, ing. B. MARCU, ing. A. MACRIŞ, conf. ing. C. MIHAILEANU, conf. ing. V. NITU, ing. A. SPINU

**OFICIUL DE DOCUMENTARE ŞI PUBLICAŢII TEHNICE
AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE**



Ușor transportabil din loc în loc, „Cobra" găurește, secționează, sapă, sparge

Perforatorul/concasorul cu benzină „Cobra" al fabricii Atlas Copco efectuează numeroase operații în cîmpuri agricole, ca: săpare de șanțuri, de puțuri de prospectare și de piloni pentru ramblee, spargere de pietre, găurire de stînci. Schimbarea uneltelor (vezi lista din dreapta) se face în cîteva secunde.

Cîntărind numai 56 de livre (25 kg), se poate lucra ușor cu acest dispozitiv și poate fi ușor transportat între diferite locuri de muncă. Pornește repede și are siguranță în funcționare pe orice vreme. Carburatorul fără flotor permite funcționarea în toate pozițiile, de la verticală pînă la 45° peste orizontală.

Comandați bibliografie gratuită, cu cuponul alăturat.

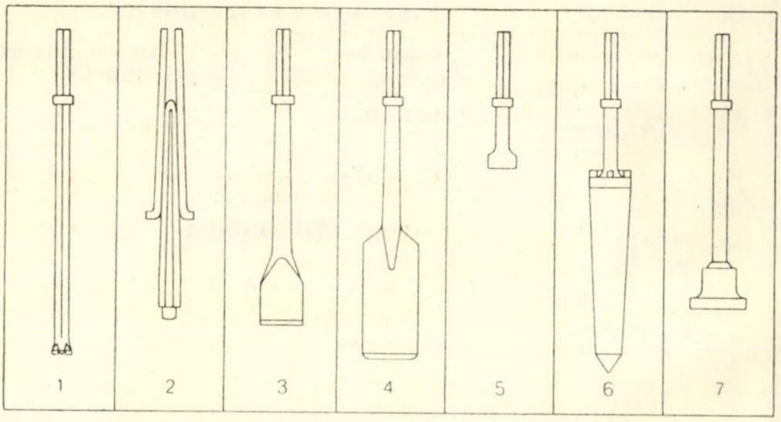
O gamă largă de unelte disponibile.

Desenele din dreapta arată:

1 – vîrf; 2 – pană pentru dop; 3 – daltă lată; – 4 cazma; 5 – pinion; 6 – unealtă pentru puț de prospectare; 7 – unealtă pentru bătătorit.

Expediați cuponul prin poștă la:
ATLAS COPCO AB, STOCKHOLM 1, SUEDIA

Atlas Copco



Dorim informații în: germană, franceză, engleză

Trimiteți-ne informații complete asupra perforatorului/concasorului cu benzină „Cobra"

Numele ____________________
Titlul ____________________
Adresa ____________________

Vă rugăm să completați cuponul cu majuscule de tipar

8/68

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 536.717

Попович, В.: **Единая диаграмма для исследования и исчисления газовых тепловых циклов**

Energetica 16 (1968), № 5, стр. 201–202

ДК 621.18 : 662.87 : 662.613.1.08

Слэвеску, М.: **Аппарат для измерения зольности отходящих газов в котлах, работающих на угольной пыли**

Описывается аппарат для определения зольности отходящих газов угольной пыли. Приводится способ исчисления и результаты его применения.

Energetica 16 (1968), №. 5, стр. 203–206

ДК 621.311.8

Раду-Черня, А., Поп, И. и *Брэтеску, В.:* **Передвижные электространций для аварийных случаев и в качестве резерва для главных потребителей**

Значение передвижных электростанций в сокращении времени осуществления капиталовложений для крупных промышленных объектов, в повышении надёжности работы отдельных промышленных предприятий с последовательным процессом производства, недопускающих перерыва промышленных работ на определённый период времени, а также снабжения электроэнергией. Показываются возможности осуществления в промышленности нашей страны.

Energetica 16 (1968), No. 5, стр. 206–211

ДК 621.316.54.027.7

Мате, Б., Броштяну, Г.: и Тудораке, К.: **Поведение нового маломасляного выключателя 110 кв (IO—110) на километрическом дефекте**

Анализируются условия, предъявляемые к современным выключателям при выключении километрического дефекта в современных электроэнергетических сетях. Приводятся результаты исследований по окончательному утверждению первого выключателя – ортожектора румынского производства 110 кв в лаборатории крупной мощности фирмы ДЕЛЛЕ – Алстом (СЕРДА) предоставившей лицензию.

Energetica 16 (1968), No. 5, стр. 212–217

ДК 621.316.993

Гоя, Л.: **Новейшие методы определения устойчивости земляных пластов**

Демонстрируются применяемые методы измерения электрической устойчивости почвы: метод вспомогательного электрода и метод четырёх электродов, а также даются подробности относительно последнего метода, в случае применения прибора АПП-2, построенного ИРМЭ. Поясняется способ применения абак экспериментальной конструкции для определения устойчивости отдельных последовательных пластов; теория, на которой основывается осуществление абак.

Energetica 16 (1968), No. 5, стр. 217–227

ДЛЯ МОЛОДОГО ИНЖЕНЕРА

ДК 621.311.1

Сэвулеску, Кр.: **Недавнее развитие численных методов для определения стационарных режумов электроэнергетических сетей**

Исследуется классификация и обобщение многочисленных методов, разработанных за последние годы, в связи с исчислением стационарных режимов при помощи электронных вычислительных машин.

Energetica 16 (1968), No. 5, стр. 227–232

ЭНЕРГЕТИКА ЗА РУБЕЖОМ

ДК 621.165-57

Голич, Д.: **Аспекты пуска паровых турбин в СССР**

Energetica 16 (1968), No. 5, стр. 232–236

INHALTSVERZEICHNIS

DK 536.717

Popovici, V.: **Einheitliche Schaubilder für Untersuchung und Berechnung von Wärmezyklus**

Energetica 16 (1968), H. 5, S. 201–201

DK 621.18 : 662.87 : 662.613.1.08

Slăvescu, M.: **Gerät für Messung des Aschegehalts in Verbrennungsgasen Kohlenstaubgefeuerter Kessel**

Es wird ein Gerät für Ermittlung des Aschegehalts in Verbrennungsgasen von Kohlenstaub beschrieben, mit Angabe des Berechnungsverfahrens sowie der Ergebnisse vorgenommener Messungen.

Energetica 16 (1068), H. 5, S. 203–206

DK 621.311.8

Radu-Cernea, A., Pop, I. und *Brătescu, V.:* **Fahrbare Kraftwerke als Lestungsreserve für Schadenfälle oder für Grossverbraucher**

Die Bedeutung fahrbarer Kraftwerke besteht in der Kürzung der Bauzeiten für wichtige industrielle Investitionsvorhaben, Steigerung der Betriebssicherheit industrieller Betriebe mit laufender, keine Unterbrechungen zulassende Erzeugung und in Gewährleistung der Anlieferung von Elektroenergie, während vorübergehend gesteigertem Bedarfs. Es werden die Möglichkeiten erörtert der inländischen Industrie derartige Anlagen zu bauen.

Energetica 16 (1968), H. 5, S. 206–211

DK 621.316.54.027.7

Mathe, B., Broşteanu, Gh. und *Tudorache, C.:* **Verhalten einer neuen Bautype (IO-110) für 110 kV Ölschalter bei Abstandkurzschlüssen**

Es werden die in den vorhandenen Hochspannungsnetzen bestehenden Bedingungen erörtert, unter denen moderne Schalter Abstandkurzschlüsse auszuschalten haben. Es werden die Ergebnisse der in dem Hochspannungslabor des Lizenzerteilers DELLE-Alsthom (CERDA) vorgenommenen Abnehmenprüfungen des ersten 110 kV ölerme Schalters dieser Bautype rumänischer Erzeugung dargestellt.

Energetica 16 (1968), H. 5, S. 212–217

DK 621.316.993

Goia, L.: **Moderne Ermittlungsverfahren des spezifischen elektrischen Widerstands von Bodenschichten**

Es werden die für Messung des spezifischen elektrischen Widerstands des Bodens angewendeten Verfahren, mit besonderer Berücksichtigung des von IRME für diesen Zweck unter der Bezeichnung APP-2 gebauten Geräts erörtert. Die Anwendungsmöglichkeit verschiedener Versuchsweise für Ermittlung des spezifischen elektrischen Widerstands aufeinanderfolgen Bodenschichten ausgearbeiteter Fluchtliniendiagramme wird untersucht und die letzteren zugrundeliegende Theorie erläutert.

Energetica 16 (1968), H. 5, S. 217–227

FÜR DEN JUNGEN INGENIEUR

DK 621.311.1

Săvulescu, Cr.: **Jüngste Entwicklungen am Bereich der Digitalverfahren für Ermittlung stationärer Betriebszustände von Verbundnetzen**

Versuch einer Einteilung und Synthese der Zahlreichen, in den letzten Jahren aufgetretenen Verfahren für Berechnung stationärer Betriebszustände mit Hilfe elektronischer Rechner.

Energetica 16 (1968), H. 5, S. 227–232

ENERGIEWIRTSCHAFT IM AUSLAND

DK 621.165-57

Golici, D.: **Über das Anfahren von Dampfturbinen in der UdSSR**

Energetica 16 (1968), H. 5, S. 232–236

SOMMAIRE

CD 536.717

Popovici, V. : **Diagramme unique pour l'étude et le calcul des cycles thermiques de gaz**

Energetica 16 (1968), no. 5, p. 201–202

CD 621.18 : 662.87 : 662.613.1.08 201–202

Slăvescu, M. : **Un instrument servant à mesurer la teneur en cendres des gaz de combustion des chaudières brûlant du charbon pulvérisé**

L'auteur décrit un instrument servant à déterminer la teneur en cendres des gaz de combustion du charbon pulvérisé, la méthode de calcul et les résultats d'une application.

Energetica 16 (1968), no. 5, p. 203–206

CD 621.311.8

Radu-Cernea, A., *Pop, I.* et *Brătescu, V.* : **Centrales électriques mobiles utilisées comme groupes d'intervention et réserves pour les consommateurs importants**

L'importance des centrales électriques mobiles est dûe à la réduction du temps demandée par la réalisation des investissements destinés aux objectifs industriels majeurs à l'augmentation de la sécurité de fonctionnement de certaines industries travaillant sans pause et exigeant une opération ininterrompue et à l'alimentation pour des périodes de temps déterminées de certains travaux industriels. Les auteurs indiquent les possibilités existant pour la fabrication de ces centrales par l'industrie roumaine.

Energetica 16 (1968), no. 5, p. 206–211

CD 621.316.54.027.7

Mathe, B., *Broşteanu, Gh.* et *Tudorache, C.* : **Le comportement du nouveau disjoncteur à faible volume d'huile de 110 kV (IO-110) en cas de défaut kilométrique**

L'auteur examine les conditions posées, dans les systèmes actuels, aux disjoncteurs modernes, pour la coupure de défaut kilométrique. Il donne les résultats des essais faits pour homologuer le premier disjoncteur orthojecteur à 110 kV, de fabrication roumaine, dans le laboratoire de la DELLE-Alsthom (CERDA), firme détenant la licence.

Energetica 16 (1968), no. 5, p. 212–217

CD 621.316.993

Goia, L. : **Méthodes modernes pour établir la résistivité des couches du sol**

Quelques méthodes utilisées actuellement pour mesurer la resistivité du sol : la méthode de l'électrode auxiliaire et la méthode des quatre électrodes pour laquelle on donne quelques détails en cas d'emploi de l'instrument APP-2, fabriqué par l'IRME. L'auteur montre comment utiliser quelques abaques construites experimentallement pour établir la résistivité des différentes couches succésives ; il finit en présentant la théorie sur laquelle est basée la construction des abaques.

Energetica 16 (1968), no. 5, p. 217–227

POUR LE JEUNE INGENIEUR

CD 621.311.1

Săvulescu, Cr. : **Evolutions récentes des méthodes numériques pour établir les régimes stationnaires des réseaux électriques**

Voici un essai de classification et de synthèse des nombreuses méthodes récemment parues sur le calcul des régimes stationnaires à l'aide de calculateurs électroniques.

Energetica 16 (1968), no. 5, p. 227–232

L'ENERGETIQUE A L'ETRANGER

Golici, D. : **Considérations sur le démarage des turbines à vapeur en l'Union Soviètique**

Energetica 16 (1968), nr. 5, p. 232–236

CONTENTS

DC 536.717

Popovici, V. : **A single diagram to study and calculate thermal gas cycles**

Energetica 16 (1968), nr. 5, p. 201–202

DC 621.18 : 662.87 : 662.613.1.08

Slăvescu, M. : **A device used to measure the ash content in flue gasses from pulverized coal burning boilers**

The description of a device used to measure the ash content of flue gasses from pulverized coal combustion is followed by methods of calculation used and results after one application.

Energetica 16 (1968), nr. 5, p. 203–206

DC 621.311.8

Radu-Cernea, A., *Pop, I.* and *Brătescu, V.* : **Mobile power stations used as emergency sets and reserve sets for major consumers**

The importance of mobile power stations is due to the fact that their employ cuts down the time needed to achieve major industrial objectives, increases operation safety for some industrial enterprises having non-stop manufacturing processing that cannot allow time for outages and supplies power to some industrial works for established periods of time. The authors also show how these stations could be built by Roumanian industry.

Energetica 16 (1968), nr. 5, p. 206–211

DC 621.316.54.027.7

Mathe, B., *Broşteanu, Gh.* and *Tudorache, C.* : **The behaviour of the new 110 kV oil-minimum circuit breaker (IO-110)**

The authors examine conditions put within present power systems, to modern circuit breakers when switching or distance faults. Results of trials carried out with the first 110 kV oil-minimum circuit breaker made in Roumania, at the high power laboratory of the licence holding firm DELLE-Alsthom (CERDA) are also given.

Energetica 16 (1968), nr. 5, p. 212–217

DC 621.316.993

Goia, L. : **Modern methods used to establish the resistivity of soil layers**

Here are methods currently applied to measure soil resistivity among with the method of the auxiliary electrode and the method of four electrodes with some details about the latter in case the APP-2 instrument, built by the IRME is used. The author also shows how to use a series of experimentally built abacuses for establishing the resistivity of different consecutive layers ; the theory serving as a basis to abacus construction is also presented.

Energetica 16 (1968), nr. 5, p. 217–227

FOR THE YOUNG ENGINEER

DC 621.311.1

Săvulescu, Cr. : **Recent progress of digital methods used to establish the steady state conditions of power systems**

An attempt to classify and synthetize the numerous, lately released methods of calculating the steady state conditions by means of electronic computers.

Energetica 16 (1968), nr. 5, p. 227–232

ENERGETICS ABROAD

DC 621.165-57

Golici, D. : **Considerations on the starting of steam turbine in the Soviet Union**

Energetica 16 (1968), nr. 5, p. 232–236

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

Diagramă unică pentru studierea și calcularea ciclurilor termice de gaze

Dr. ing. **V. Popovici**[*)]

Într-o lucrare anterioară, intitulată : „Noua reprezentare grafică $p-i$, cu izoterme și adiabate rectilinii, aplicată la ciclurile de gaze", publicată în revista „Energetica" nr. 3 din 1967, s-a prezentat o diagramă redusă, care permite studierea și calcularea rapidă a ciclurilor de gaze, limitate la acelea după care lucrează turbinele cu gaze.

Diagrama de față însă permite studierea și calcularea oricărui ciclu termic de gaze, în tot intervalul de temperaturi și presiuni la care poate lucra un motor cu ardere internă.

În principiu, construcția acestei noi diagrame este identică cu aceea a diagramei precedente, cu următoarele observații :

1. Primele trei scări au fost extinse astfel : scara t (a temperaturilor), pînă la 800°C ; scara r (a rapoartelor de compresiune), pînă la $r = 40$ și scara p (a presiunilor), pînă la 150 atm.

2. Scările următoare, a, b, c și d, au fost de asemenea extinse pînă la 3000°C, dar în timp ce la turbinele cu gaze, datorită excesului mare de aer, concentrația gazelor de ardere (2–3%) nu influențează căldura specifică a amestecului, la motoarele cu ardere internă concentrația mult mai mare a gazelor de ardere face ca variația căldurii specifice să depindă nu numai de temperatură, ci și de această concentrație.

Pentru aceasta, cele patru scări – a, b, c și d – au fost desfășurate pe o serie de concentrații ale gazelor de ardere, care sînt exprimate în funcție de excesul de aer folosit, respectiv de λ.

S-a considerat $\lambda = 1$ atunci cînd combustibilul folosit este amestecat cu cantitatea minimă de aer necesară arderii sale complete.

Desfășurarea s-a făcut de la $\lambda = 1$ pînă la $\lambda = 2$; de aici înainte concentrația gazelor de ardere devine destul de mică ca să nu mai influențeze sensibil variația căldurii specifice, deci se reintră în domeniul turbinelor cu gaze.

Modul de lucru cu această nouă diagramă este identic aceluia cu diagrama din lucrarea sus-menționată, cu observația că pe scările a, b, c și d se va folosi linia orizontală corespunzătoare excesului de aer (λ) care a fost luat în considerație.

Dar în timp ce la turbinele cu gaze se cunoaște temperatura finală după ardere (parametru foarte important, deoarece este limitat de rezistența termomecanică a paletelor turbinei), la motoarele cu ardere internă această temperatură nu mai are atîta importanță, ea fiind doar o consecință a arderii complete a combustibilului în excesul de aer respectiv.

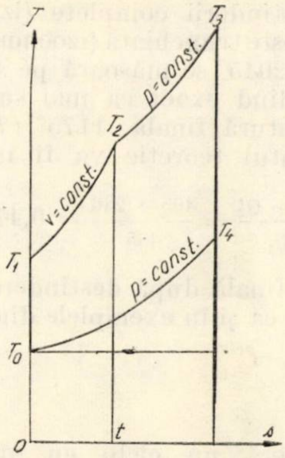


Fig. 1

În tabelul ajutător A s-au dat cantitățile de căldură, în kcal, dezvoltate prin arderea completă a combustibilului în funcție de excesul de aer folosit (respectiv de λ), raportate la 1 kg amestec gazos, ceea ce simplifică foarte mult determinările, după cum se va vedea din exemplele următoare :

Exemplul 1

Se consideră un ciclu Diesel (cu ardere izobară) avînd parametrii următori : raportul de compresiune $r = 18$; temperatura inițială $T_0 = 0$°C și coeficientul excesului de aer $\lambda = 1{,}4$.

Pe prima scară t, în dreptul cifrei 18, de pe a doua scară r, se citește temperatura 545°C, care reprezintă temperatura aerului după compresiunea prealabilă, începînd de la 0° (T_1). Din tabelul ajutător A rezultă că la un $\lambda = 1{,}4$

[*)] Dr. ing. V. Popovici este inginer proiectant principal la Institutul de proiectări pentru industria de materiale prefabricate și construcții (IPIMPC).

(ardere cu motorină) cantitatea de căldură dezvoltată este de 465 kcal (Q_1).

Se măsoară un segment de dreaptă lung de 186 mm, care reprezintă 465 kcal la scara respectivă (1 mm = 2,5 kcal) și se așază pe scara *a*, pe linia $\lambda = 1{,}4$, cu capătul din stînga în dreptul temperaturii 545°, de mai sus; capătul din dreapta va da temperatura finală după ardere, adică $T_2 = 2045°$.

Pe scara *c*, tot pe linia $\lambda = 1{,}4$, se măsoară un segment de dreaptă egal cu distanța între 545 și 2045°; se așază acest segment pe aceeași linie, cu capătul din stînga la 0°; capătul lui din dreapta va da temperatura finală, adică 736° (T_3).

Căldura cedată, de la 736 la 0° (Q_2), se citește tot pe scara *a* (linia $\lambda = 1{,}4$), măsurînd segmentul cuprins între 0 și 736°; se obține 197 kcal.

Randamentul teoretic va fi:

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{465 - 197}{465} = 0{,}577,$$

în cazul destinderii complete (izobară). Dacă destinderea este trunchiată (izochoră), segmentul de la 545 la 2045° se măsoară pe scara *d*, în loc de *c*; procedînd exact ca mai sus, se obține o altă temperatură finală, 1175° (T_3').

Randamentul teoretic va fi în acest caz:

$$\frac{Q_1 - Q_2'}{Q_1} = \frac{465 - 246}{465} = 0{,}473.$$

Presiunea finală după destinderea trunchiată se determină ca și în exemplele din lucrarea precedentă.

Exemplul 2

Se consideră un ciclu cu ardere parțial izochoră și parțial izobară (fig. 2) avînd următorii parametrii:

$r = 17$, $T_0 = 27°C$, $T_2 = 1000°C$, $\lambda = 1{,}6$, cu destindere completă.

Ca mai sus, pe scara *t*, în dreptul lui $r = 17$, se citește 530°, temperatură valabilă pentru cazul cînd T_0 ar fi 0°C. Dar întrucît $T_0 = 27°C$, se procedează astfel: se măsoară un segment de dreaptă de la 0 la 27° pe scara *c*, linia cu $\lambda = 2$ (deoarece este vorba de aer, la care căldura specifică poate fi asimilată cu aceea a unui gaz de ardere cu $\lambda = 2$ sau mai mare); punînd acest segment în continuarea lui 530°, de mai sus, pe aceeași scară (tot pe linia cu $\lambda = 2$), extremitatea lui din dreapta va da o nouă temperatură, 596°C, care reprezintă temperatura reală după compresiunea prealabilă cu $r = 17$, începînd de la 27°.

Întrucît coeficientul de exces de aer al ciclului este de 1,6, din tabelul ajutător *A* se citește 406 kcal, căldura totală degajată de combustibil. Dar întrucît pînă la 1000° arderea este izochoră, se măsoară pe scara *b* (linia $\lambda = 1{,}6$), un segment cuprins între 596 și 1000°, care se exprimă în kcal, și se obține 90; de la 1000° în sus se va consuma restul de $406 - 90 = 316$ kcal, arderea făcîndu-se acum izobar.

Se transformă 316 kcal în mm (126,4 mm) și se așază un segment de această lungime pe scara *a* (linia $\lambda = 1{,}6$), începînd de la 1000°; extremitatea din dreapta a acestui segment va da temperatura finală după arderea izobară, adică 2000°C (T_3).

Pentru a se obține temperatura finală T_4, se măsoară un segment de dreaptă de la 596 la 1000°, pe scara *d*, și în continuare de la 1000 la 2000°, pe scara *c* (ambele pe linia $\lambda = 1{,}6$). Deoarece destinderea este izobară, segmentul total astfel obținut se așază pe scara *c*, începînd de la 27°; extremitatea din dreapta va da temperatura finală, 636° (T_4).

Pentru a avea căldura cedată, se măsoară segmentul cuprins între 636 și 27°, pe scara *a*, și se exprimă în kcal.

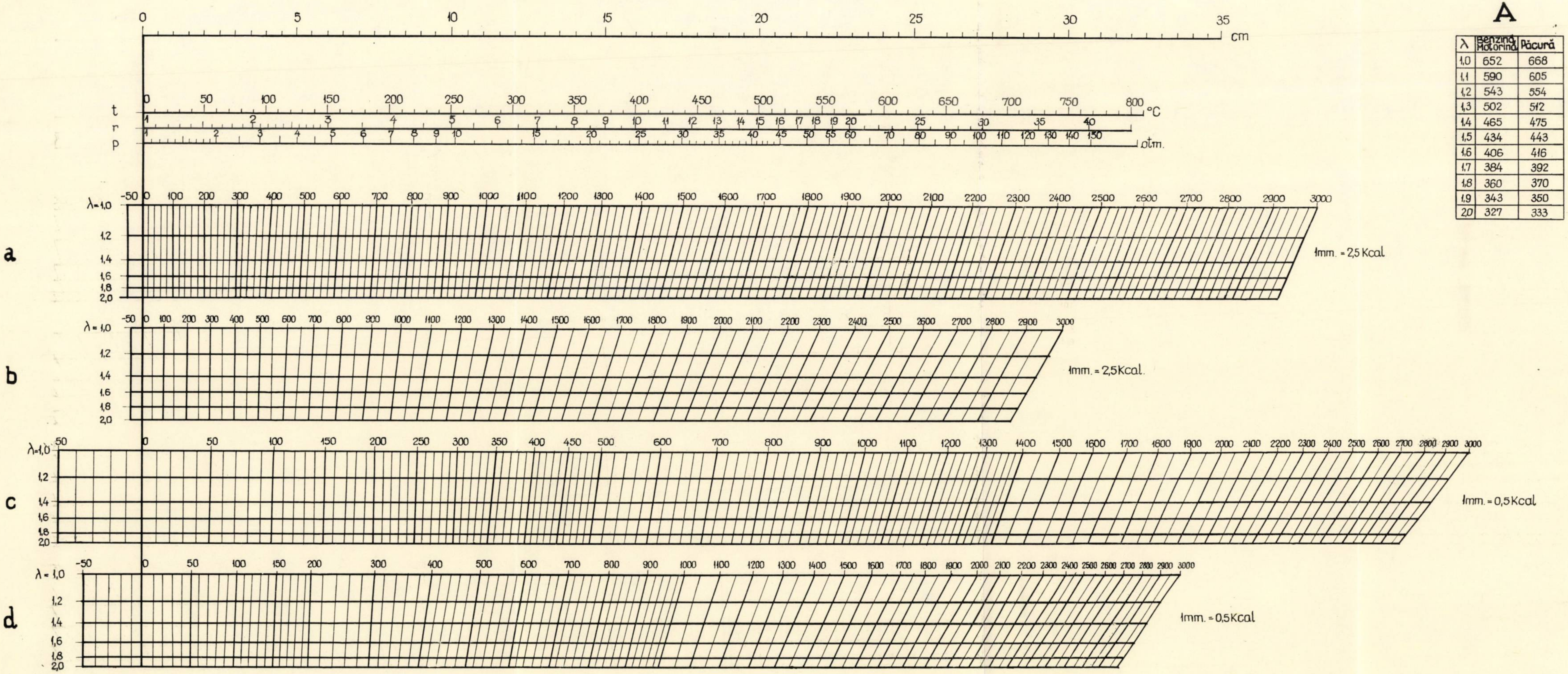
Se obțin 168 kcal. Randamentul teoretic al ciclului va fi deci:

$$\frac{406 - 168}{406} = 0{,}586.$$

Bineînțeles că exemplele de mai sus nu sînt limitative, deoarece cu această diagramă se poate calcula foarte ușor orice ciclu termic de gaze, cunoscut sau nou.

(Articol intrat în redacție în 28 noiembrie 1967)

DIAGRAMĂ UNICĂ PENTRU STUDIEREA ŞI CALCULAREA CICLURILOR TERMICE DE GAZE


0 5 10 15 20 25 30 35 cm
t
r
p
0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500 550 600 650 700 750 800 °C
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 25 30 35 40
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 atm.
a
b
c
d
λ = 1,0
1,2
1,4
1,6
1,8
2,0
-50 0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500 1600 1700 1800 1900 2000 2100 2200 2300 2400 2500 2600 2700 2800 2900 3000
-50 0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500 600 700 800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500 1600 1700 1800 1900 2000 2100 2200 2300 2400 2500 2600 2700 2800 2900 3000
1mm. = 2,5 Kcal
1mm. = 2,5 Kcal.
1mm. = 0,5 Kcal
1mm. = 0,5 Kcal

A

λ	Benzină, Motorină	Păcură
1,0	652	668
1,1	590	605
1,2	543	554
1,3	502	512
1,4	465	475
1,5	434	443
1,6	406	416
1,7	384	392
1,8	360	370
1,9	343	350
2,0	327	333

Fig. 2

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT
1883

Aparat pentru măsurarea conținutului de cenușă din gazele de ardere la cazanele funcționînd pe cărbune pulverizat

Ing. M. Slăvescu*)

Arderea cărbunelui-praf la cazanele de abur duce la antrenarea unei mari cantități de cenușă în gazele de ardere. Aceasta este reținută în instalațiile de separare cu care sînt echipate cazanele.

Pentru a se putea determina eficacitatea instalațiilor de reținere a cenușii, este necesară măsurarea conținutului de cenușă al gazelor de ardere. În articolul de față este prezentat un dispozitiv destinat unor asemenea măsurători, care a dat rezultate bune în practică.

1. Principiul constructiv

Aparatul se bazează pe principiul măsurării gravimetrice a conținutului de cenușă dintr-un volum cunoscut de gaze de ardere aspirat din canalele de gaze ale cazanului. În acest scop, gazele de ardere se aspiră cu ajutorul unei sonde, iar apoi sînt trecute printr-un filtru, în care are loc reținerea integrală a cenușii. Debitul de gaze aspirat este măsurat cu ajutorul unui dispozitiv special. Aparatul prezentat realizează aspirația gazelor folosind un ejector cu abur.

În figura 1 este prezentată schema constructivă a aparatului.

Măsurarea corectă a conținutului de cenușă din gazele de ardere se poate face numai cu condiția ca viteza la intrarea în sondă să fie egală cu viteza gazelor în canal în punctul respectiv. Deci presiunile dinamice la intrarea în sondă și în acel punct al canalului trebuie să fie egale. Aceasta corespunde cu cerința egalității presiunilor statice.

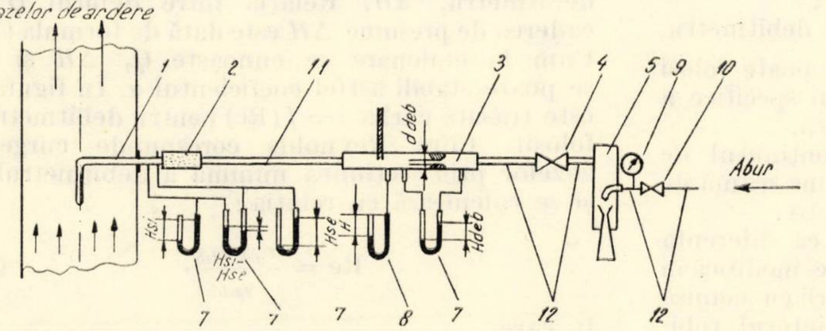


Fig. 1. Schema constructivă a dispozitivului de măsurat conținutul de cenușă:

1 – sondă de prelevare a gazelor; *2* – filtru de reținere a cenușii; *3* – debitmetru; *4* – robinet de reglaj; *5* – ejector; *6* – termometru; *7* – manometru cu tub U pentru apă; *8* – manometru cu tub U cu mercur; *9* – manometru; *10* – robinet de reglaj pentru admisia aburului; *11* – conductă flexibilă; *12* – conductă rigidă.

În figura 2 se arată sonda folosită. Gazele sînt aspirate prin canalul *a*. Presiunea statică exterioară se măsoară prin conducta *b*, legată de un canal inelar cu un orificiu. În mod asemănător, presiunea statică interioară se măsoară prin conducta *c*. Măsurarea presiunilor statice exterioară (H_{se}) și interioară (H_{si}) se realizează cu două tuburi U (fig. 1).

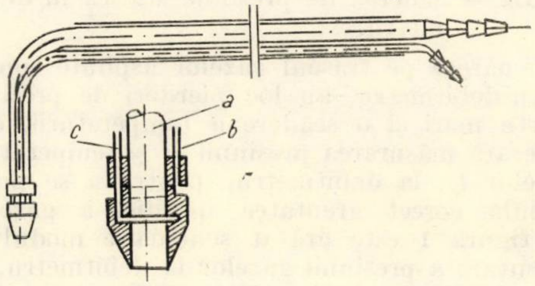


Fig. 2. Sondă de măsurare a presiunilor statice.

Filtrul de reținere a cenușii, construit conform figurii 3, se montează pe conducta *a* a sondei (fig. 1). Elementul de reținere este constituit dintr-un strat de vată de sticlă, *a*, așezată între două site foarte fine, *b*. Pentru a avea o construcție cît mai ușoară, filtrul este confecționat din aluminiu, cu pereții corpului filtrului foarte subțiri, *c*. Experimental s-a constatat că este suficientă o cădere de presiune datorită vatei de sticlă de 70–100 mm col.H_2O pentru asigurarea reținerii integrale a cenușii din gazele de ardere.

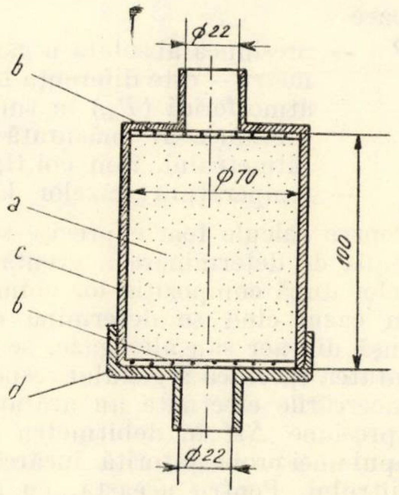


Fig. 3. Filtru de reținere a cenușii:

a – vată de sticlă; *b* – sită foarte fină; *c* – corpul filtrului; *d* – capac filtru.

---

*) Mihnea Slăvescu este cercetător principal la Centrul de cercetări și proiectări pentru cazane (CCPC).

Cantitatea de cenușă reținută se determină prin cîntărirea filtrului înainte și după probă în aceleași condiții de temperatură și umiditate.

Măsurarea debitului de gaze aspirat se realizează cu ajutorul unui debitmetru (fig. 1). Acesta funcționează pe principiul tubului Venturi. Debitul se calculează cu relația:

$$Q = \alpha \sqrt{\frac{2g}{\gamma}} \cdot \sqrt{\Delta H} \quad [\mathrm{m^3/min}], \tag{1}$$

unde

α este constanta debitmetrului;

γ — greutatea specifică a gazului la intrarea în debitmetru;

ΔH — căderea de presiune statică în debitmetru.

Deoarece pe traseul gazelor aspirate sondă-filtru-debitmetru, au loc pierderi de presiune foarte mari și o scădere a temperaturii, este necesară măsurarea presiunii H și temperaturii gazelor t_g, la debitmetru, pentru a se putea calcula corect greutatea specifică a gazelor. În figura 1 este arătat schematic modul de măsurare a presiunii gazelor la debitmetru, cu ajutorul unui tub U cu mercur. Presiunea care se măsoară este o presiune statică, care poate fi asimilată cu presiunea totală, deoarece presiunea dinamică este practic neglijabilă. La calculul greutății specifice a gazelor de ardere se poate folosi relația:

$$\gamma = 1{,}34\,\frac{P}{760} \cdot \frac{273}{273 + t_g} \quad [\mathrm{kgf/m^3}], \tag{2}$$

în care

P — presiunea absolută a gazelor la debitmetru — este diferența între presiunea atmosferică (P_{at}) în timpul probei și presiunea H măsurată înaintea debitmetrului, mm col.Hg;

t_g — temperatura gazelor la debitmetru.

Pentru calcule foarte precise se poate folosi formula de determinare a greutății specifice a gazelor după compoziția lor chimică.

În cazul cînd se determină conținutul de cenușă din aer sau alte gaze, se ține seamă de greutatea specifică a gazului respectiv.

Încercările efectuate au arătat că diferența de presiune ΔH în debitmetru se modifică în timpul unei probe datorită încărcării cu cenușă a filtrului. Pentru aceasta, cu ajutorul robinetului *4* (fig. 1) se asigură reglajul aparatului pe tot timpul probei, în așa fel încît să se respecte condiția de izocinetism la sondă. Citirile trebuie făcute la intervale de timp foarte scurte, debitul măsurat în timpul probei calculîndu-se ca o medie în timp.

Ejectorul cu abur sau aer comprimat, *5*, asigură aspirația gazelor de ardere și învingerea pierderilor de presiune în traseu. Admisia fluidului activ se face prin robinetul *10*, presiunea lui fiind indicată de manometrul *9*.

2. Etalonarea debitmetrului

Elementul esențial al aparatului este debitmetrul, care trebuie etalonat în prealabil. Pentru aceasta, se pune instalația în funcțiune, aspirîndu-se aer din atmosferă cu ajutorul sondei. Debitul aspirat se calculează considerînd că în zona de măsurare a presiunii statice interioare în sondă (H_{si}) presiunea dinamică medie este egală cu H_{si}, deoarece pierderile de la intrarea aerului în sondă și pînă la priza de presiune statică sînt neglijabile, iar presiunea totală exterioară este 0. Secțiunea canalului de aspirație a sondei fiind A_s (m²) și greutatea specifică a aerului aspirat γ_s fiind cea corespunzătoare aerului din atmosferă, se determină debitul Q_s, aspirat la sondă cu relația:

$$Q_s = 60\, A_s \sqrt{\frac{2g}{\gamma_s} H_{si}} \quad [\mathrm{m^3/min}]. \tag{3}$$

După cum s-a arătat mai sus, presiunea totală a aerului aspirat scade pînă la debitmetru datorită pierderilor de presiune, ceea ce duce la modificarea debitului volumetric. Se măsoară presiunea H și temperatura t_g la debitmetru și se determină debitul volumetric real Q, ce străbate debitmetrul, cu relația:

$$Q = Q_s\,\frac{P_{at}}{P_{at} - H} \cdot \frac{273 + t_g}{273 + t_a} \quad [\mathrm{m^3/min}], \tag{4}$$

unde

P_{at} este presiunea atmosferică în timpul etalonării, mm col. H_g;

t_a — temperatura aerului la aspirația sondei.

Trecerea debitului, astfel calculat, Q, prin debitmetru produce o diferență de presiune în debitmetru, ΔH. Relația între debitul Q și căderea de presiune ΔH este dată de formula (1). Cum la etalonare se cunoaște Q, ΔH și γ, se poate stabili astfel coeficientul α. În figura 4 este trasată curba $\alpha = f(\mathrm{Re})$ pentru debitmetrul folosit. Cifra Reynolds corespunde curgerii gazelor prin secțiunea minimă a debitmetrului și se calculează cu relația:

$$\mathrm{Re} = \frac{v_{deb}\, d_{deb}}{\nu_{deb}}, \tag{5}$$

în care

$v_{deb} = \frac{Q}{A_{deb}}$ este viteza în secțiunea minimă a debitmetrului, m/s;

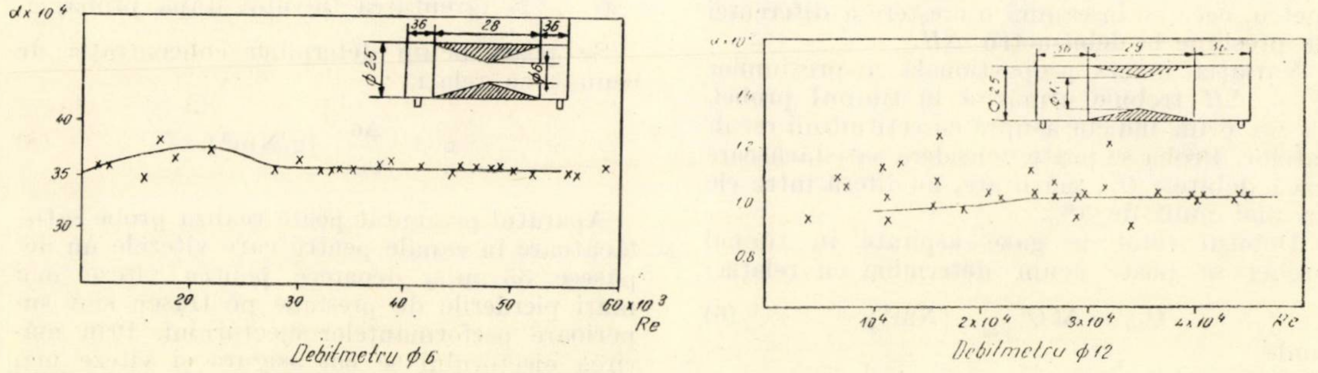
d_{deb} — diametrul secțiunii minime a debitmetrului, m²;

ν_{deb} — viscozitatea cinematică a gazelor la debitmetru, m²/s.

Cu coeficientul α, astfel determinat, se calculează debitul la caracteristicile măsurate (temperatură și presiune), folosind relația (1), și apoi poate fi recalculat pentru orice condiții de presiune și temperatură, de ex. 0°C și 760 mm Hg, folosind relațiile clasice.

3. Modul de efectuare a probelor

Viteza gazelor de ardere și conținutul de cenușă variază în secțiunea transversală a canalului. Conținutul real mediu de cenușă din gazele de ardere se determină prin explorarea cît mai completă a unei secțiuni. În tot timpul probei este necesară păstrarea unui regim constant de funcționare a cazanului, pentru ca dinamica curgerii în canalul explorat să nu se modifice.



a) *b)*

Fig. 4. Curba $\alpha = f(Re)$ pentru debitmetrul folosit: *a* – debitmetru ∅ 6; *b* – debitmetru ∅ 12.

Pentru determinarea conținutului de cenușă se montează sonda în canal cu orificiul de aspirație a gazelor perpendicular pe direcția de curgere a gazelor. Se verifică această perpendicularitate prin rotirea sondei pînă ce presiunea statică exterioară, H_{se}, este maximă (în cazul depresiunii în canal). După aceasta se pune în funcțiune ejectorul *5* prin deschiderea robinetului *10*. Aspirația gazelor de ardere se realizează prin deschiderea robinetului *4*, pînă ce presiunea statică exterioară, H_{se}, și cea interioară, H_{si}, se egalizează. Cronometrarea probei începe la deschiderea robinetului *4*. Aceste operații trebuie efectuate într-un timp foarte scurt.

Mărimile ce se măsoară se trec în tabela 1. Aceste mărimi trebuie citite la intervale scurte de timp, deoarece, prin înfundarea filtrului, presiunea *H* se modifică repede și pentru că condiția de egalitate a presiunilor statice (care se asigură prin manevrarea robinetului *4* și ventilului *10*) trebuie să fie respectată continuu.

Proba într-un punct al conductei trebuie să dureze un timp suficient pentru ca eroarea de măsurare a greutății cenușii să fie sub 1%.

Greutatea cenușii se determină prin cîntărirea filtrului înainte și după probă. Este recomandabil pentru evitarea influenței umidității ca, înaintea cîntăririi, filtrul să fie introdus într-o etuvă la 120°C. Diferența de greutate o constituie cenușa reținută. La probele efectuate, filtrul fără cenușă cîntărea 225 g, iar la terminarea probei 238,1 g. Precizia măsurării greutății filtrului a fost de 0,1 g. Deci, la greutatea totală de cenușă reținută (13,1 g), eroarea maximă a fost de 0,76%. Proba s-a realizat în 4 minute.

Se consideră că proba este corectă dacă, la două măsurători consecutive în același punct al secțiunii canalului, diferențele obținute nu depășesc 2%.

4. Calculul rezultatelor

Calculele se efectuează în tabela 1. Se calculează greutatea specifică γ și cifra Reynolds a gazelor la debitmetru cu relațiile (2) și (5);

Tabela 1

Ora probei	H_{si}	H_{se}	$H_{si} - H_{se}$	ΔH	Hg, mm col. Hg	t_g, °C	t_a, °C	P_{at}, mm col. Hg	P, mm col. Hg	γ, kgf/m³	α	Q_i, m³/min	Q'_i, Nm³/min
11h	206	206	0	5	62	65	30	760	698	0,994	0,0102	0,10	0,0752
11h01′	210	210	0	5	67	64	30	760	693	0,986	0,0102	0,1006	0,0752
11h02′	206	206	0	5,5	97	65	30	760	663	0,946	0,0102	0,113	0,0770
11h03′	204	204	0	6	120	63	30	760	640	0,913	0,0102	0,1142	0,0779
11h05′	206	206	0	7,5	276	68	30	760	484	0,688	0,0102	0,1484	0,0781
11h07′	206	206	0	9	325	67	30	760	375	0,535	0,0102	0,1872	0,0745

$G_i = 325$ g; $G_f = 335{,}1$ g; $\Delta G = 10{,}10$ g; $Q'_{i_{\text{med}}} = 0{,}0763$ Nm³/min; $Q_{tot} = 0{,}3241$ Nm³; $\varepsilon = 31{,}1$ g/Nm³ se scoate $\alpha = f(\mathrm{Re})$ din figura 4. Aplicînd relația (1), se determină debitul măsurat la fiecare citire, Q_i. Acest debit se recalculează pentru 0° și 760 mm col.Hg cu relația (4).

Deoarece trebuie respectată condiția de izocinetism a gazelor aspirate și a celor din punctul de măsură în canal, debitul aspirat în timpul probei trebuie să rămînă constant.

Datorită înfundării filtrului, depresiunea H crește, deci debitul volumetric crește la debitmetru, ceea ce înseamnă o creștere a diferenței de presiune la debitmetru ΔH.

Variația invers proporțională a presiunilor P și ΔH trebuie urmărită în timpul probei, ca un prim indiciu asupra corectitudinii rezultatelor. Proba se poate considera satisfăcătoare dacă debitele Q'_i, măsurate, nu diferă între ele cu mai mult de 5%.

Debitul total de gaze aspirate în timpul probei se poate acum determina cu relația;

$$Q_{tot} = \Delta t \, Q'_{i_{med}} \quad [\mathrm{Nm}^3], \tag{6}$$

unde

Δt este durata măsurătorii;

$Q_{i_{med}}$ — debitul mediu aspirat, $\mathrm{m}^3/\mathrm{min}$.

Prin cîntărirea filtrului înainte și după probă, în condițiile arătate mai sus, se determină cenușa reținută cu relația:

$$\Delta G = G_f - G_i \quad [\mathrm{g}], \tag{7}$$

unde

ΔG este greutatea cenușii reținute, g;

G_i — greutatea filtrului înainte de probă, g;

G_f — greutatea filtrului după probă, g.

Se poate acum determina concentrația de cenușă cu relația:

$$\varepsilon = \frac{\Delta G}{Q_{tot}} \quad [\mathrm{g/Nm}^3]. \tag{8}$$

Aparatul prezentat poate realiza probe satisfăcătoare în canale pentru care vitezele nu depășesc 35 m/s, deoarece pentru viteze mai mari pierderile de presiune pe traseu sînt superioare performanțelor ejectorului. Prin mărirea ejectorului se pot asigura și viteze mai mari.

(Articol intrat în redacție la 6 martie 1967)

Centrale electrice mobile ca grupuri de intervenție și ca rezervă pentru consumatori importanți

Dr. ing. **A. Radu-Cernea**, ing. **I. Pop** și ing. **V. Brătescu**[*]

1. Domeniul de utilizare

Stadiul actual de dezvoltare a industriilor, a exploatărilor solului și subsolului, precum și a consumatorilor neprevizibili se caracterizează printr-o mare diversitate, atît în privința domeniilor în care activează, cît și în privința necesarului de energie electrică.

Acești consumatori pot apărea în locuri unde lipsește energia electrică sau sînt de așa natură încît trebuie să fie alimentați chiar dacă s-a întrerupt legătura cu sistemul energetic. Durata alimentării lor este de obicei scurtă, iar puterea necesară într-un punct variază în limite foarte largi , de la cîțiva kW la puteri de ordinul megawaților.

Sursele de energie trebuie să se adapteze acestor situații.

Centralele și grupurile electrogene mobile satisfac cele mai multe din condițiile rezultate din asemenea situații. În privința puterilor unitare, grupurile de intervenție și centralele mobile depind de sursa de energie primară care antrenează generatorul electric, reprezentînd factorul hotărîtor în privința clasificării surselor mobile de energie electrică.

Situațiile în care sînt necesare grupuri de intervenție nu pot fi cuprinse în întregime, dar pentru orientare se dau cîteva exemple:

— pe șantierele mari, înainte de construirea unei rețele de distribuție și racordarea ei la sistem printr-o stație de transformare;

— la atelierele mecanice mobile, sezoniere, pentru alimentarea cu energie electrică a mașinilor-unelte, de sudură etc.;

— în industria extractivă a petrolului, la instalarea unor sonde, înainte de definitivarea alimentării cu energie electrică a sondei;

— la întreprinderile regionale de electricitate, pentru injectarea energiei electrice în timpul reparațiilor sau reviziilor la posturi de transformare, linii de distribuție etc.

Printre consumatorii de energie electrică care trebuie să fie alimentați practic fără întrerupere, se pot cita: aeroporturile, gările de mare trafic, unele întreprinderi ale industriei chimice, întreprinderile miniere (iluminatul și ventilația la mare adîncime) etc.

Cu toate că, din punctul de vedere al producției de energie, costul kWh furnizate de centralele mobile apare mai puțin economic, comparativ cu valoarea kWh date de sistemul energetic, totuși aceste grupuri s-au impus atenției generale tocmai prin economicitatea complexă rezultată ca urmare a intervenției lor prompte în furnizarea energiei, evitarea pericolelor, precum și prin adaptabilitatea și mobilitatea lor deosebită la punctul de avarie.

---

[*] A. Radu-Cernea este șeful catedrei de termotehnică și mașini termice la Institutul de Petrol și Gaze; I. Pop este inginer proiectant șef la ISPE; V. Brătescu este inginer proiectant consilier la ISPE.

2. Tipuri de centrale mobile

Utilizarea pe deplin justificată a acestui gen de instalații a condus în ultimii ani la lărgirea gamei de centrale mobile fabricate în țările cu industrie dezvoltată.

În raport cu tipul motorului primar de antrenare, aceste centrale se pot grupa în :

- centrale mobile acționate cu turbine cu gaze ;
- centrale mobile acționate cu motoare cu pistoane libere ;
- centrale mobile acționate cu motoare Diesel.

2.1. *Centrale mobile echipate cu turbine cu gaze*

După cel de-al doilea război mondial, realizarea de centrale mobile echipate cu turbine cu gaze s-a dezvoltat în S.U.A. și mai tîrziu în Europa.

Dintre cele mai cunoscute întreprinderi producătoare de agregate electrice mobile de acest gen se pot cita : Boeing, Curtiss-Right, General Electric, Solar, Standard și Continental din S.U.A., Rover și Bristol-Siddeley din Anglia și Turbomecanique în Franța.

Caracterul continuu și simultan al tuturor proceselor specifice instalației de turbine cu gaze, ca și turația mare determină o deosebită compactitate a agregatului energetic, o greutate redusă și un gabarit relativ mic.

Siguranța în funcționare a instalațiilor echipate cu turbine cu gaze se poate aprecia din rezultatele alăturate, care au fost obținute în exploatarea a 176 centrale mobile, de aceeași fabricație, după 20 000 ore de funționare și care arată :

- timpul de oprire cauzat de defecțiuni 4,5 %
- întreruperi prin controale periodice și reparații curente 32,5 %
- timpul de funcționare 63,0 %

Ca o trăsătură caracteristică se remarcă pentru instalațiile :

pînă la 200 CP, folosirea turbinelor radiale și a compresoarelor centrifugale ;

între 200 și 500 CP, utilizarea turbinelor axiale și a compresoarelor centrifugale ;

peste 500 CP, turbine axiale și compresoare axiale.

Pentru centralele mobile cu puteri peste 1000 kW, o serie de întreprinderi amplasează instalațiile de turbine cu gaze, cuplate cu generatoarele electrice pe vagoane, constituind așa-numitele trenuri energetice.

În tabela 1 sînt redate principalele caracteristici ale unor astfel de trenuri energetice.

Cele mai importante avantaje în exploatarea acestui gen de centrale mobile formînd trenuri energetice constau în consumul mic de apă, personal de deservire redus, siguranța în funcționare și cheltuielile mici pentru reparații.

Economicitatea instalațiilor poate fi ridicată prin aplicarea regenerării, folosind recuperatoare montate pe circuitul gazelor de ardere evacuate din turbină sau prin folosirea turbinelor cu gaze multiaxe.

2.2. *Centrale mobile echipate cu motoare cu pistoane libere*

Crearea unei serii de motoare cu pistoane libere, de către întreprinderea SIGMA (Franța), a permis realizarea unor grupuri de puteri

Tabela 1

Principalele caracteristici ale trenurilor energetice

Nr. crt.	Caracteristici	Tipul centralei mobile			
		Lyungström	Westinghouse	Brown Boweri	Klark
1	Puterea, MW	2,4	5	6,2	5,5/3,2
2	Debitul de aer, kgf/s	29,8	53,07	—	45,2
3	Presiunea aerului, ata	3,9	6	—	4,5
4	Temperatura gazelor înaintea turbinei, °C	700	732	650	732/621
5	Temperatura aerului ambiant, °C	15,5	26,6	20	26,6
6	Raportul de regenerare, %	50	0	0	0
7	Randamentul, %	20	18,5	19,1	19,0
8	Nr. treptelor turbinei	5	5	—	4
9	Nr. treptelor compresorului	14	16	—	13
10	Nr. camerelor de ardere	4	6	1	1
11	Turația compresorului, rot/min	5650	5745	3600	5000/3600
12	Turația generatorului, rot/min	3000	3000/3600	3600	3600
13	Combustibil	motorină	motorină	păcură	păcură-gaz-motorină
14	Nr. vagoanelor	1	2	2	1
15	Puterea pe metru lungime, kW/m	—	125	147	204
16	Greutatea instalației pe kilowat, kgf/kW	—	40	38	32,8

importante, prin cuplarea mai multor agregate de aceeași dimensiuni, ceea ce conduce la simplificarea exploatării și a aprovizionării cu piese de schimb.

O dată cu modificarea sarcinii, sistemul de asamblare permite conectarea și deconectarea parțială a motoarelor cu pistoane libere.

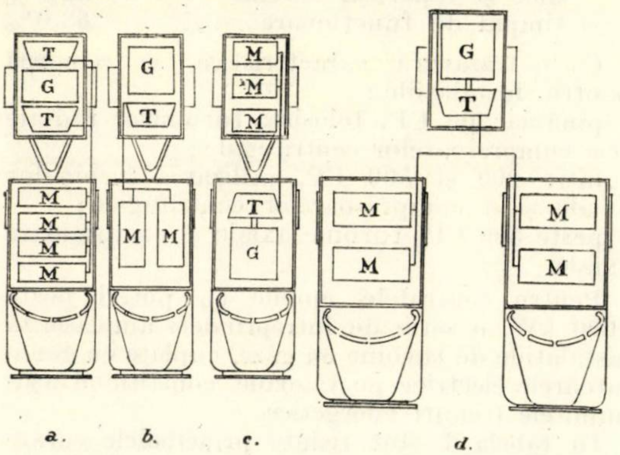


Fig. 1.

Folosirea motoarelor cu pistoane libere dă posibilitatea împărțirii unui agregat mobil în blocuri pe mijloace de transport separate.

Schemele de dispoziție a unor generatoare cu pistoane libere M, a turbinelor cu gaze T și a generatoarelor electrice G pe mijloace de transport se redau în figura 1.

2.3. *Centrale mobile echipate cu motoare Diesel*

Cea mai mare parte a centralelor mobile pînă la o putere de 2 MW, după cum rezultă din literatura tehnică de specialitate, sînt echipate cu motoare Diesel.

Pentru ca motorul Diesel să poată fi utilizat ca motor primar într-o centrală mobilă trebuie îndeplinite cîteva condiții de bază.

Motorul trebuie să fie completat cu ansamblele și mecanismele care asigură pornirea și funcționarea acestuia :

— demaror electric și aparataj de pornire ;
— radiatoare pentru răcirea apei și a uleiului ;
— instalația de preîncălzire pentru pornirea motorului pe timp friguros, sau menținerea în stare caldă în cazul grupurilor de intervenție rapidă ;
— contor pentru înregistrarea numărului de ore de funcționare ;
— amortizor pentru atenuarea zgomotelor gazelor de eșapare ;
— cuplă de legătură cu generatorul.

Întregul aparataj auxiliar al motorului, ca pompe, filtre, demaroare, trebuie să fie montate pe blocul motorului.

Motoarele trebuie să aibă regulatoare de turație care să răspundă următoarelor cerințe :

— să permită funcționarea în paralel a mai multor grupuri electrogene ;
— în cazul variației instantanee a sarcinii, de la mersul în plină sarcină la mersul în gol, variația numărului de rotații al arborelui cotit nu trebuie să depășească 6% din turația nominală ;
— durata de atingere a regimului stabilizat de turație nu trebuie să depășească 3 secunde ;
— gradul de neuniformitate al rotirii arborelui cotit nu trebuie să depășească 1/125.

Accesul la subansamblele care necesită control periodic (pompe, filtre etc.) trebuie să se facă direct, fără să necesite demontarea parțială a grupului.

Este necesar să se prevadă posibilitatea pornirii de la distanță a motorului și a controlului de la distanță a funcționării acestuia.

3. Posibilitățile de fabricație a centralelor electrice mobile în R. S. România

Considerentele care determină stabilirea tipului de centrală mobilă ce urmează a se adopta depind de : locul de utilizare a grupului, gradul de rapiditate al intrării în funcție la puterea nominală, regimul de lucru (permanent, temporar), necesarul mediu de energie cerut de consumatori (mărimea grupului), rapiditatea de deplasare pe căile de comunicație și în teren accidentat, precum și mobilitatea de manevră, încadrarea în gabaritele legale, caracteristicile tehnico-economice (consum specific de combustibil, greutate per kW, personal specific de deservire și manevră, preț de cost) și gradul de durabilitate.

Un element hotărîtor în alegerea tipului de centrală mobilă este gradul de asimilare de către industria națională a fabricației subansamblelor care vor forma centrala. Acest ultim criteriu are o pondere deosebită și reprezintă argumentul de bază atunci cînd celelalte cerințe menționate pot fi îndeplinite în condiții comparabile cu realizările similare din tehnica mondială.

Fabricarea în țara noastră a gamei de motoare Diesel de către uzinele „23 August” și a gamei de generatoare electrice de către uzinele „Electroputere” creează premisele însușirii fabricației centralelor mobile în țara noastră.

3.1. *Fabricația motorului primar*

Uzinele „23 August” execută în prezent sau au în curs de asimilare motoare Diesel rapide, cu alezajul de Ø 175 mm, la puteri cuprinse între 200 și 1200 CP.

Aceste motoare au supraalimentare și sînt de tipul cu antecameră, avînd carterul de tip monobloc din aliaj ușor, culase individuale din fontă, cămăși amovibile, iar pistoanele sînt matrițate din aliaj ușor.

Construcția motorului permite accesul la supape, injectoare, pompe de injecție etc., dînd posibilitatea de demontare a pistoanelor, a bielelor şi a cămăşilor prin partea superioară a carterului.

Consumul specific de combustibil este de 175 + 5% g/CPh.

Consumul specific de ulei este de maximum 3 g/CPh.

Sistemul de protecţie cuprinde traductoare şi relee care acţionează prin comanda de oprire a motorului, prin intermediul unui ventil electromagnetic şi al unui dispozitiv de oprire, acţionează în caz de pierdere a presiunii în circuitul de ungere, sau în caz de supraîncălziri.

Caracteristicile externe ale motoarelor 583-S şi 581-S sînt reprezentate în figurile 2 şi 3.

Toate acestea pun în evidenţă faptul că motoarele respective corespund scopului urmărit într-o centrală mobilă.

3.2. *Fabricaţia generatoarelor şi a echipamentului electric şi de comandă anexă*

Generatoarele sincrone pentru motoarele arătate mai sus se înscriu în profilul de fabricaţie al uzinelor ,,Electroputere'' — Craiova.

Este preferabil ca tensiunea grupurilor să fie de 400/231 V, datorită următoarelor considerente :

— puterile grupurilor fiind mici şi mijlocii, este mai economic un grup de joasă tensiune ;

— consumatorii acestor grupuri vor fi în general apropiaţi, astfel că pierderile prin transport sînt mai reduse ;

— la tensiunea de 6 kV apare necesară o staţie de distribuţie cu volum mare, care ar necesita un al doilea vehicul, în afară de transformatorul coborîtor, şi ar conduce la creşterea preţului de cost al generatoarelor (creşte costul izolării).

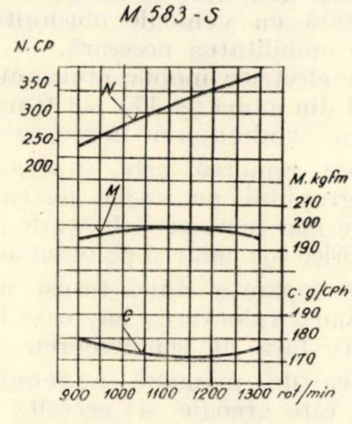


Fig. 2. Caracteristica externă.

Excitaţia generatorului utilizat la centrale mobile este indicat a se face printr-un generator special de curent continuu, cuplat direct pe axul generatorului principal sau de la bornele generatorului printr-un redresor special.

Soluţia cu generator de curent continuu are avantajul că nu necesită la pornire sursă de energie din exterior, fiind totodată mai economică şi mai uşor de realizat — la grupurile mobile această soluţie are însă dezavantajul că măreşte lungimea agregatului.

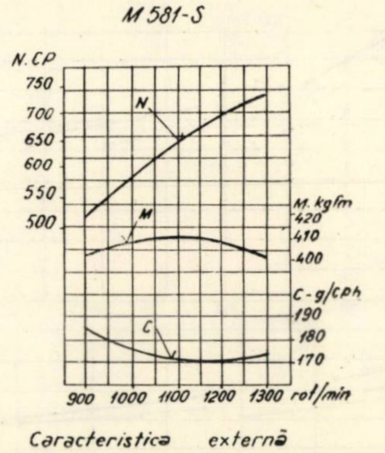


Fig. 3. Caracteristica externă.

Excitaţia generatorului cu energie colectată la bornele proprii este o soluţie mai modernă. Aceasta se realizează printr-un transformator şi un redresor. Pentru pornire, este necesar ca rotorul generatorului să fie alimentat timp de cîteva secunde de la o sursă de curent continuu independentă. În regim normal redresorul este alimentat de două surse de curent alternativ : un transformator de tensiune şi unul de curent.

Variaţia tensiunii generatorului se poate face pe mai multe căi, în funcţie de felul excitaţiei adoptate şi de viteza de rulare cerută.

În cazul utilizării centralelor mobile ca grupuri de intervenţie rapidă, aducerea generatoarelor la tensiune nominală trebuie să se efectueze în timp foarte scurt. Este evidentă deci necesitatea unui sistem de reglare automată rapidă.

Sistemul potrivit acestui scop este reglarea cu tiristoare, combinat cu sursa de curent continuu, realizată printr-o punte cu două rezistenţe liniare şi două diode Zener, care dau semnalul de abatere faţă de valoarea reglată a tensiunii la dispozitivul de comandă al tiristoarelor. Acest sistem de reglaj este, practic, lipsit de inerţie, deci foarte rapid.

Generatorul trebuie protejat împotriva scurtcircuitelor exterioare prin relee maximale incluse în întreruptor. Întreruptorul trebuie prevăzut cu rupere în aer, relee electromagnetice şi termice şi cu comandă de la distanţă atît la anclanşare cît şi la declanşare.

Centralele electrice mobile necesită un minim de automatizare pentru asigurarea unei funcţionări adecvate a grupului.

În industria chimică și la grupurile de casă ale marilor hidrocentrale și la termocentrale dotate cu blocuri energetice, unde se impune asigurarea continuității alimentării cu energie a unor agregate, cu o întrerupere admisibilă de maximum 10—12 secunde, este necesar ca grupurile să fie complet automatizate. În acest scop sînt necesare :

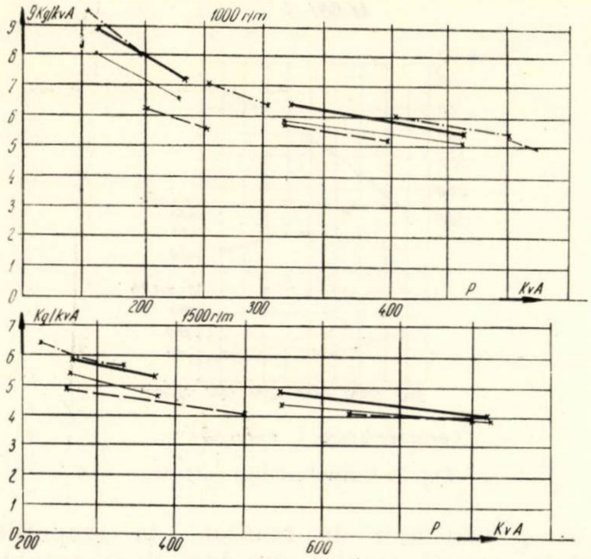


Fig. 4. Diagramele variației greutăților specifice (kg/kVA) în funcție de putere la diverse turații :
—·— construcții AEG ; – – – construcții ELIN ; ━━ construcții UEPC turnat ; —— construcții UEPC sudat.

- menținerea temperaturii apei de răcire în permanență la + 70°C, fie prin încălzire electrică, fie utilizînd un schimbător de căldură cu abur industrial ;
- circularea uleiului de ungere la perioade scurte, cu o electropompă cu pornire automată după program ;
- pornirea automată a grupului la dispariția tensiunii pe bare, cu excitarea automată, pînă se ajunge la tensiunea nominală ;
- anclanșarea automatului principal din tabloul de alimentare al consumatorilor vitali ;
- semnalizarea intrării în funcțiune cu sesizarea dispecerului întreprinderii respective.

Toate aceste operații se fac fără intervenția personalului de exploatare.

Centrala mobilă trebuie prevăzută și cu controlul următorilor parametri :

- temperatura apei de răcire, prin oprirea automată a sistemului de răcire cînd teperatura scade sub + 45°C, comanda automată a evacuării apei dacă temperatura scade sub + 5°C, și oprirea motorului la atingerea temperaturii de 100°C ;
- nivelul și presiunea apei de răcire, cu avertizarea și apoi oprirea motorului la scăderea apei sub nivelul admis ;
- nivelul de combustibil în rezervorul de zi, pornirea automată a pompei de combustibil în cazul scăderii nivelului sub cota admisă minimă și oprirea pompei la atingerea nivelului maxim ;
- temperatura uleiului de răcire și încălzirea lui automată ;
- presiunea uleiului ;
- nivelul de ulei și deschiderea automată a ventilului de completare a nivelului ;
- integritatea circuitului de pornire și tensiunea bateriei de acumulatoare ;
- circuitele de pornire automată, cu semnalizarea oricărei stări anormale care intervine în aceste circuite.

Toate aceste automatizări pot fi prevăzute cu aparataj (traductoare și relee) în cea mai mare parte construit în țară.

Trebuie remarcat că, în prezent, construirea generatoarelor sincrone de către uzinele „Electroputere"—Craiova realizează performanțe comparabile cu cele ale generatoarelor electrice produse în străinătate. În diagrama din figura 4 se dă variația greutății specifice a generatoarelor sincrone în funcție de puterea aparentă, comparativ cu produsele similare ale firmelor AEG și ELIN.

3.3. *Dispozitivul purtător și de transport*

Grupurile electrogene analizate mai sus pentru a forma centrale mobile pot fi montate pe un șasiu purtător, cu condiția să fie respectate următoarele reguli minimale :

— grupurile, împreună cu instalațiile anexe de combustibil, apă de răcire, ulei, electrice, cabluri, tablou de distribuție să se înscrie în gabaritul admis pe șoselele naționale ;

— greutatea grupului și anexelor să poată fi transportată cu vehicule obișnuite și care să-i asigure mobilitatea necesară.

Centralele electrice mobile prevăzute cu motoare Diesel din gama ∅ 175 pot fi montate pe remorci sau semiremorci fabricate în țară.

Soluția cu remorcă este superioară unei montări a grupului pe vagon de cale ferată, deoarece are mai mari posibilități de a fi transportată în orice loc chiar și pe teren accidentat.

Remorcile separate ridică totuși unele probleme privind exploatarea lor, care le fac mai puțin eficace față de semiremorci.

Mobilitatea de manevră a remorcilor independente este greoaie și necesită personal numeros, iar pe parcurs viteza rutieră este relativ mică.

Soluția convenabilă exploatării constă în montarea agregatului pe semiremorcă. Această soluție prezintă o superioritate netă în mobilitatea de acțiune și în viteza de parcurs.

Agregatul de transport cel mai indicat ar fi autotractorul cu șa „Steagul Roșu", tip SR—115.

Autotractorul cu şa SR-115 este derivat din autocamionul SR-113 de 5 t, avînd puterea motorului de 140 CP. Trebuie menţionat că raportul între puterea motorului şi greutatea autotractorului cu semiremorcă încărcată (16,7 t) se ridică la 8,4 CP/t, faţă de circa 6 CP/t realizat la produsele similare străine. Acest lucru permite obţinerea unor viteze de circulaţie mari (pînă la 80 km/h) atît pe drumuri drepte cît şi pe drumuri de munte (rampa maximă 17 %).

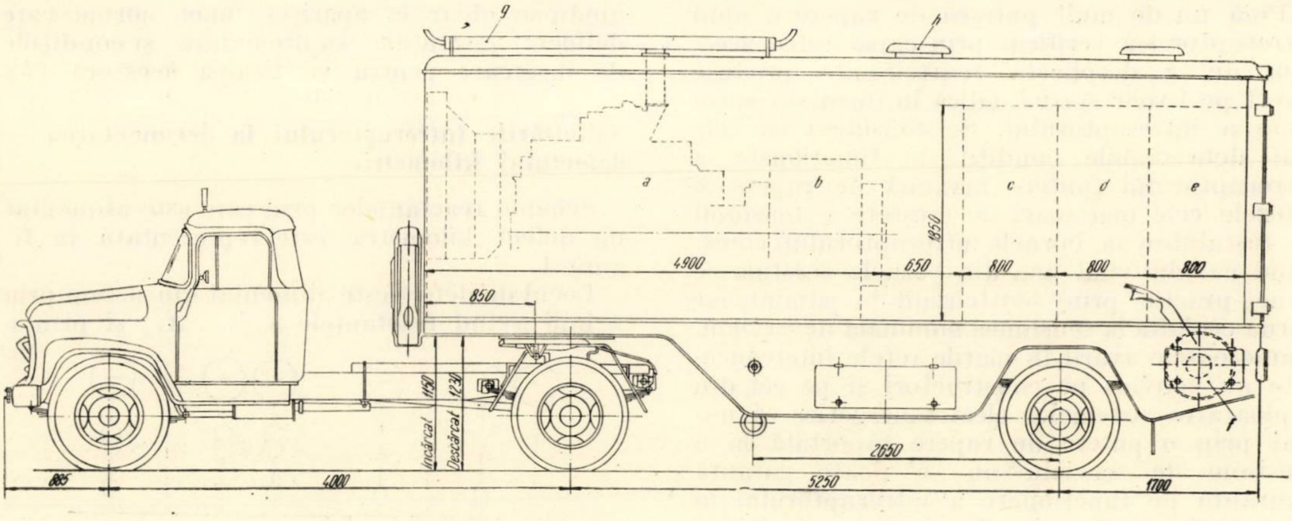


Fig. 5. Centrală Diesel-electrică mobilă montată pe semiremorcă :
a – motor Diesel tip M 583 S – 280 CP ; *b* – generator sincron de 400/231 V GSA – E 62 ; *c* – tablou aparataj electric motor Diesel ; *d* – tablou comandă generator ; *e* – tablou distribuţie ; *f* – tambur pentru cabluri ; *g* – eşapament cu răcire în aer ; *h* – ventilatoare.

Siguranţa în circulaţie depinde exclusiv de caracteristicile ansamblului format de autotractor şi semiremorcă.

În acest sens, este necesar să se acorde o deosebită atenţie realizării unor caracteristici adecvate, printre care se menţionează :

— rigiditatea egală la arcurile osiei de rulare şi la puntea din spate a autotractorului ;

— o poziţie optimă a centrului de greutate ;

— un sistem de frînare care să permită frînarea în trepte etc.

Dintre tipurile de semiremorci, cea mai adecvată este forma furgon, care prin unele adaptări poate da satisfacţie deplină.

Prin acestea se realizează caracteristicile necesare centralei mobile, obţinîndu-se mobilitatea de manevră, viteza convenabilă pe traseu, cabina de comandă în interiorul furgonului, distribuţia auxiliarelor raţional efectuată — ca în figura 5 — şi toate într-o construcţie economică şi judicios întocmită.

Concluzii

Analiza de mai sus arată posibilitatea realizării la noi în ţară a centralelor mobile avînd ca subansamble motoare Diesel, generatoare şi aparataj care în prezent sînt asimilate sau în curs de asimilare în uzinele M.I.C.M.

Calitatea subansamblelor şi caracteristicile lor tehnice sînt la nivelul tehnicii mondiale actuale.

Prin realizarea cooperării întreprinderilor constructoare ale subansamblelor şi aparatajului, se poate obţine un agregat energetic extrem de util ca grup de intervenţie şi ca rezervă pentru consumatorii importanţi.

(Articol intrat în redacţie la 8 octombrie 1966)

Comportarea noului întreruptor cu ulei puțin de 110 kV (10—110) la defect kilometric

Ing. **B. Mathe**, ing. **Gh. Broşteanu** şi ing. **C. Tudorache***)

Pînă nu de mult puterea de rupere a unui întreruptor s-a verificat prin capacitatea acestuia de a deconecta scurtcircuite produse direct pe barele stației, adică în imediata apropiere a întreruptorului. Se considera că cele mai defavorabile condiții de funcționare a întreruptorului (putere maximă de rupere şi vitezele cele mai mari de creştere a tensiunii de restabilire la bornele întreruptorului) corespund cazului cînd una din bornele acestuia se pune practic prin scurtcircuit la pămînt, iar borna cealaltă la tensiunea nominală de serviciu. Numeroasele avarii în marile rețele interconectate au convins pe constructori şi pe cei din exploatarea sistemelor electroenergetice că numai prin o putere de rupere raportată la o tensiune de serviciu nu se poate garanta siguranța de funcționare a întreruptorului în orice regim de avarie. S-a impus necesitatea introducerii unui factor nou, care să caracterizeze duritatea sau severitatea condițiilor de funcționare (în exploatare) sau de încercare (în laborator) a întreruptorului, ca de exemplu factorul F propus de Pouard [1], reprezentînd produsul dintre valoarea eficace a curentului de scurtcircuit, panta inițială (în momentul stingerii arcului) şi amplitudinea tensiunii tranzitorii de restabilire. Analiza mai multor avarii din rețeaua franceză [1] şi sovietică [2] a dovedit că frecvența proprie a tensiunii tranzitorii de restabilire depăşeşte deseori şi cu mult frecvența proprie a circuitului din „spatele” întreruptorului, adică a porțiunii de rețea amonte, datorită aşa-numitului efect kilometric. Astfel, de exemplu, în rețeaua de 110 kV a sistemului Mosenergo şi la centralele hidroelectrice de pe Volga s-au produs avarii — la deconectarea unor scurtcircuite —ale întreruptoarelor pneumatice, neechipate cu rezistențe de limitare a supratensiunilor, datorită unor viteze excesive de creştere a tensiunii de restabilire (mai mari de 2500 V/μs) şi datorită unor factori de severitate a solicitării, F, care în punctul considerat depăşeau cu mult calculele inițiale din cauza oscilației potențialului porțiunii de linie aval de întreruptor.

O serie de autori [3], [4], [5], [6] au analizat care sînt solicitările întreruptorului la deconectarea scurtcircuitului produs la o depărtare mică de stație (de ordinul cîtorva km), ajungîndu-se chiar la apariția unor norme care definesc garanțiile suplimentare şi condițiile de încercare pentru verificarea acestora [7].

Solicitările întreruptorului la deconectarea defectului kilometric

Schema reactanțelor prin care este alimentat un defect kilometric este reprezentată în figura 1.

Locul de defect este alimentat din sistem prin n linii avînd reactanțele $X_{L_1} \ldots X_{L_n}$ şi prin n transformatoare avînd reactanțele $X_{T_1} \ldots X_{T_n}$ (pentru simplitate, reactanțele surselor respective s-au înglobat în reactanțele liniilor şi transformatoarelor respective şi sînt raportate la aceeaşi tensiune). Reactanța echivalentă X_Σ a părții din sistem (partea superioară din figură) care alimentează locul de defect se poate calcula prin relația :

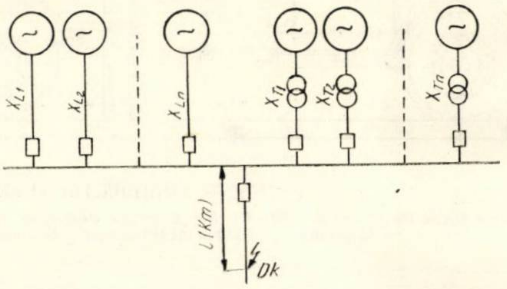


Fig. 1. Schema reactanțelor prin care este alimentat un defect kilometric.

$$X_\Sigma = \left(\frac{1}{X_{L_1}} + \ldots \frac{1}{X_{L_n}} + \frac{1}{X_{T_1}} + \ldots \frac{1}{X_{T_n}} \right)^{-1}. \quad (1)$$

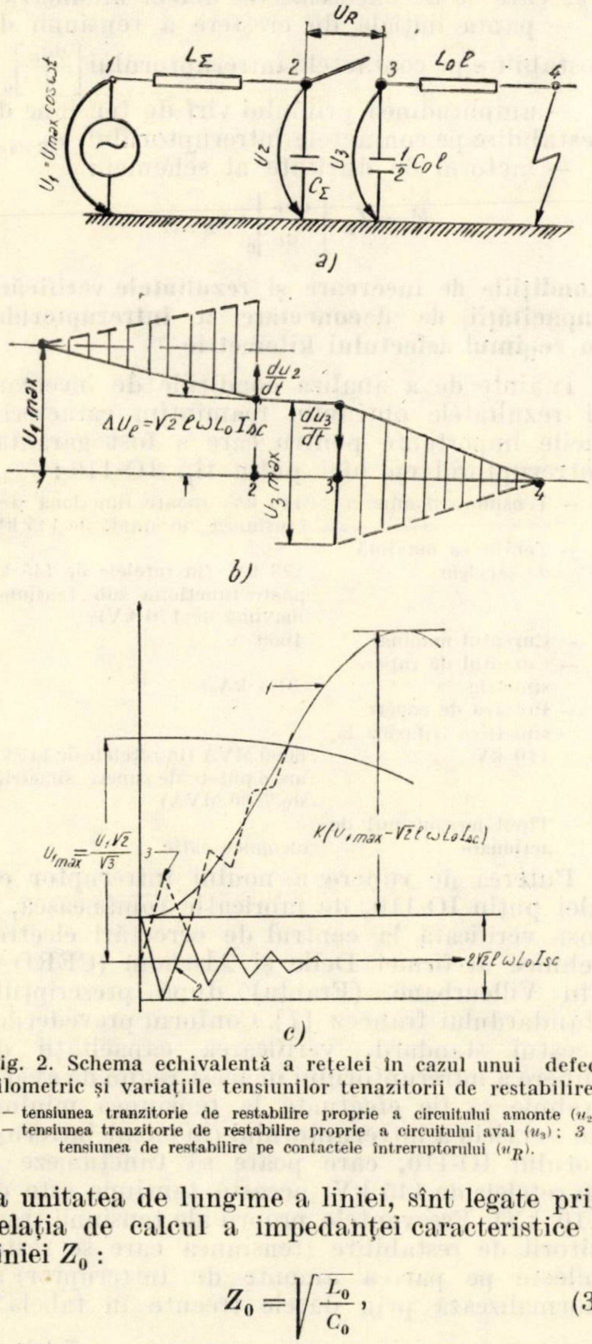
Inductanța echivalentă corespunzătoare care determină frecvența proprie (cel puțin a armonicii fundamentale) a tensiunii tranzitorii de restabilire a porțiunii amonte din schema echivalentă din figura 2.*a* (tensiunea punctului *2* față de pămînt) este :

$$L_\Sigma \cong \frac{1}{314} X_\Sigma . \quad (2)$$

În schema echivalentă din figura 2, *a*, capacitățile față de pămînt ale liniilor, barelor şi transformatoarelor stației s-au concentrat pe borne în amonte de întreruptor (C_Σ). Concentrarea capacităților uniform distribuite ale liniilor aeriene ale părții amonte din schema echivalentă se poate face ca în [8]. Capacitatea uniform distribuită a liniei avariate din aval de întreruptor s-a concentrat la cele două capete ale liniei (în punctele *3* şi *4*); ţinînd seamă însă de faptul că capacitatea de la punctul *4* este scurtcircuitată prin defect, s-a neglijat. Inductanţa şi capacitatea specifică L_0 şi C_0, raportate la unitatea de lungime a liniei, sînt legate prin relaţia de calcul a impedanţei caracteristice a liniei Z_0:

---

*) Ing. B. Mathe este şeful laboratorului central din uzinele „Electroputere” — Craiova, ing. Gh. Broşteanu este şef de serviciu în Ministerul Energiei Electrice, iar ing. C. Tudorache este constructor şef adjunct la uzinele „Electroputere” — Craiova.



U_R
L_Σ
$L_0 l$
1
2
3
4
$U_1 = U_{max} \cos \omega t$
U_2
U_3
C_Σ
$\frac{1}{2} C_0 l$
a)
$U_{1\,max}$
$\frac{du_2}{dt}$
$\frac{du_3}{dt}$
$\Delta U_l = \sqrt{2}\, l \omega L_0 I_{sc}$
$U_{3\,max}$
1
2
3
4
b)
1
$K(U_{1\,max} - \sqrt{2}\, l \omega L_0 I_{sc})$
$U_{1\,max} = \frac{U_1 \sqrt{2}}{\sqrt{3}}$
3
2
$2\sqrt{2}\, l \omega L_0 I_{sc}$
c)

Fig. 2. Schema echivalentă a reţelei în cazul unui defect kilometric şi variaţiile tensiunilor tenazitorii de restabilire: *1* – tensiunea tranzitorie de restabilire proprie a circuitului amonte (u_2); *2* – tensiunea tranzitorie de restabilire proprie a circuitului aval (u_3); *3* – tensiunea de restabilire pe contactele întreruptorului (u_R).

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}}, \qquad (3)$$

care în cazul liniilor aeriene variază între 300 şi 500 Ω. La prima trecere a curentului de scurtcircuit prin zero, pentru care se creează condiţii optime de stingere a arcului, la bornele întreruptorului va apărea tensiunea de restabilire u_R, corespunzătoare diferenţei tensiunilor u_2 şi u_3. După stingerea arcului, tensiunea u_2 tinde spre starea cvasistaţionară u_{1max}, iar tensiunea u_3 spre zero, prin oscilaţii amortizate de pante şi frecvenţe diferite.

a) *Variaţia tensiunii punctului 3* (oscilaţia liniei cu defect kilometric)

Panta iniţială de creştere a tensiunii u_3 (a porţiunii aval de întreruptor, în kV/μs) se poate calcula aproximativ prin relaţia lui Pauard (care nu ţine seamă însă de particularităţile sursei de alimentare şi de configuraţia schemei staţiei considerate):

$$\left[\frac{du_3}{dt}\right]_0 = Z_0 \frac{di_{sc}}{dt} = \sqrt{2}\, Z_0\, \omega\, I_{sc} =$$

$$= (0{,}133 \div 0{,}221)\, I_{sc}, \qquad (4)$$

unde i_{sc} şi I_{sc} reprezintă valoarea instantanee şi eficace a curentului de scurtcircuit în kA pe care îl rupe întreruptorul.

Amplitudinea primului vîrf de supratensiune în punctul *3* va fi:

$$u_{3\,max} = 2\sqrt{2}\, l \omega\, L_0\, I_{sc}. \qquad (5)$$

Frecvenţa oscilaţiei:

$$f_3 = \frac{c}{4l} = \frac{1}{4l\sqrt{L_0 C_0}} = \frac{\left[\frac{du_3}{dt}\right]_0}{2u_{3\,max}}, \qquad (6)$$

unde c este viteza de propagare a undei în linia aeriană luată în consideraţie.

b) *Variaţia tensiunii punctului 2* (oscilaţia proprie a reţelei de alimentare)

Tensiunea în punctul *2* pe barele staţiei la care se racordează restul liniilor de plecare şi transformatoarele variază conform relaţiei:

$$u_2 = (u_{1\,max} - \sqrt{2}\; l\omega\, L_0 I_{sc})\,(1 - e^{-\alpha t} \cos 2\pi f_2 t). \quad (7)$$

Panta iniţială (la momentul $t = 0$) de creştere a tensiunii u_2 este dată de relaţia:

$$\left[\frac{du_2}{dt}\right]_0 = (u_{1\,max} - \sqrt{2}\; l\omega\, L_0\, I_{sc})\, \alpha, \qquad (8)$$

unde α este coeficient subunitar care ţine seamă de amortizarea în timp a fenomenului tranzitoriu de restabilire a tensiunii.

Amplitudinea primului vîrf de supratensiune în punctul *2* este funcţie atît de parametrii schemei echivalente cît şi de tipul întreruptorului prin care se deconectează defectul kilometric (rezistenţa postarc a camerei de stingere etc.) şi se poate calcula cu ajutorul relaţiei [găsind condiţia de maxim pentru relaţia (7)]:

$$u_{2\,max} = k\,(u_{1\,max} - \sqrt{2}\, l\omega\, L_0\, I_{sc}), \qquad (9)$$

unde k este factorul de amplitudine.

c) *Variaţia tensiunii de restabilire pe bornele întreruptorului*

Pe bornele întreruptorului în procesul de restabilire a tensiunii apare tensiunea de restabilire:

$$u_R = u_2 - u_3. \qquad (10)$$

Din figura 2,*c* şi din considerente fizice rezultă că în prima perioadă de restabilire a tensiunii sînt valabile relaţiile:

$$\left[\frac{du_R}{dt}\right]_0 \cong \left[\frac{du_3}{dt}\right]_0 = \sqrt{2}\, Z_0\, \omega\, I_{sc} \qquad (11)$$

și

$$u_{R\,max} = -u_{3\,max} = -2\sqrt{2}\,\omega l L_0 \hat{I}_{sc}. \quad (12)$$

Din relațiile de calcul de mai sus și din precizările literaturii de specialitate [1], [2]... ...[8] se poate deduce că la deconectarea defectului kilometric, în diferite condiții de exploatare sau de încercare, întreruptorul este solicitat conform celor specificate în tabela 1. În tabelă solicitarea s-a caracterizat prin patru parametri caracteristici:

— curentul de scurtcircuit sau de rupere I_R, care se deconectează la defect kilometric;

— panta inițială de creștere a tensiunii de restabilire pe contactele întreruptorului $\left[\frac{du_R}{dt}\right]_0$;

— amplitudinea primului vîrf de tensiune de restabilire pe contactele întreruptorului $u_{R\,max}$;

— factorul de duritate al schemei:

$$F = I_R \cdot \left[\frac{du_R}{dt}\right]_0 \cdot u_{R\,max}.$$

Tabela 1

Nr. crt.	Condiții de instalare în sistem sau de încercare în laborator a întreruptorului	Solicitările întreruptorului la deconectarea defectului kilometric			
		I_R	$\left[\frac{du_R}{dt}\right]_0$	$u_{R\,max}$	F
1	Distanța la care s-a produs defectul kilometric (orientativ)				
	a) foarte aproape de stație (pînă la circa 1 km)	●	○	◒	◒
	b) la o distanță mică de stație (1–5 km)	◓	●	◓	●
	c) la o distanță mai mare de stație (mai mult de 5 km)	◒	◓	●	◓
2	Tensiunea nominală a barelor care alimentează defectul kilometric				
	a) 10–35 kV	◒	○	○	○
	b) 60–220 kV	●	●	●	●
	c) 380–750 kV	◓	◓	◓	◓
3	Felul liniilor care pleacă din stație				
	a) linii aeriene	◒	●	●	●
	b) linii de cablu	◒	○	○	○
4	Numărul liniilor aeriene din stație				
	a) linii multe	●	○	○	●
	b) linii puține	◒	○	○	○
5	Numărul și puterea transformatoarelor racordate la barele stației				
	a) mai multe transformatoare de putere mare	●	◒	◒	◓
	b) transformatoare puține de puteri reduse	◒	●	●	●
6	Tipul întreruptorului				
	a) cu ulei puțin	◓	○	○	○
	b) pneumatic, fără rezistențe de limitare supratensiuni	◒	●	●	●
	c) pneumatic cu rezistențe de limitare supratensiuni	◒	○	○	○
7	Modalitatea încercării întreruptorului la capacitatea de deconectare a defectului kilometric				
	a) în rețea (linie reală cu parametri uniform distribuiți)	◒	●	●	●
	b) în laborator (linie artificială cu parametri concentrați)	◒	◓	◓	◓

● Solicitare severă
◓ Solicitare moderată, dar mai severă decît ◒
○ Solicitare slabă

Condițiile de încercare și rezultatele verificării capacității de deconectare a întreruptorului în regimul defectului kilometric

Înainte de a analiza condițiile de încercare și rezultatele obținute, reamintim caracteristicile importante pentru care a fost garantat întreruptorul cu ulei puțin tip IO-110:

— Tensiunea nominală	110 kV (poate funcționa și la tensiunea nominală de 145 kV)
— Tensiunea maximă de serviciu	123 kV (în rețelele de 145 kV poate funcționa sub tensiunea maximă de 170 kV)
— Curentul nominal	1600 A
— Curentul de rupere simetric	31,5 kA_{ef}
— Puterea de rupere simetrică trifazică la 110 kV	6000 MVA (în rețelele de 145 kV are o putere de rupere simetrică de 7500 MVA)
— Tipul mecanismul de acționare	oleopneumatic

Puterea de rupere a noului întreruptor cu ulei puțin IO-110, de fabricație românească, a fost verificată la centrul de cercetări electrotehnice al firmei Delle și Alsthom (CERDA) din Villeurbane (Franța) după prescripțiile standardului francez [7]. Conform prevederilor acestui standard, verificarea capacității de rupere a întreruptorului în acest regim de avarie trebuie să fie efectuată la tensiunea minimă de serviciu a întreruptorului (în cazul întreruptorului IO-110, care poate să funcționeze și în rețelele de 145 kV, această tensiune este de 110 kV). Frecvențele proprii ale tensiunii tranzitorii de restabilire (tensiunea care se restabilește pe partea amonte de întreruptor) se normalizează prin datele trecute în tabela 2.

Tabela 2

Tensiuni nominale, kV_{ef}	Frecvența proprie f, kHz	
	pentru 100% din puterea de rupere	pentru 60% din puterea de rupere
60–72,5	0,9	4,5
80–100	0,7	3,5
150–170	0,5	2,5
220–245	0,4	2,0
380–420	0,3	1,4

Rezultă că pentru 60 și 100% din puterea de rupere a întreruptorului se pot accepta valorile 3, respectiv 0,6 kHz.

Pentru puteri de rupere intermediare, corespunzătoare fracțiunii $X\%$, frecvențele proprii se calculează cu ajutorul relației :

$$f_{x\%} = f_{100\%} + (f_{60\%} - f_{100\%})\left(\frac{150}{x\%} - 1,5\right) \quad (13)$$

Factorul de amplitudine de referință k, conform prescripțiilor standardului francez, trebuia să se încadreze în limitele :

$1,3 \leqslant k \leqslant 1,4$ pentru 100% din puterea de rupere ;
$1,5 \leqslant k \leqslant 1,6$ pentru 60% din puterea de rupere ;
$1 + \frac{0,3}{X} \leqslant k \leqslant 1,1 + \frac{0,3}{X}$ pentru o putere în acest interval.

Capacitatea întreruptorului pentru deconectarea defectului kilometric după standardul francez trebuie să fie verificată pentru trei trepte de curenți, la 90, 75 și 60% din curentul nominal de rupere, adică, în cazul întreruptorului IO-110, la 28,2, 23,5 și 18,8 kA (trei ruperi succesive la fiecare treaptă de curent). Aceste trepte de curenți în rețelele noastre de 110 kV corespund aproximativ la distanțele 0,35, 1,05 și 2,1 km pînă la locul de defect. Prin aceste distanțe se acoperă practic a.n. „zonă periculoasă", care în cazul rețelelor de 110 kV este cuprinsă între 1 și 2 km.

Frecvențelor proprii și factorilor de amplitudine menționați mai sus le corespund următoarele pante de creștere a tensiunilor de restabilire în circuitul amonte de întreruptor la tensiunea maximă de serviciu de 123 kV :

$\frac{du_2}{dt} \cong 160$ V/μs la ruperea curentului de 28,2 kA (treapta de 90%) ;
$\frac{du_2}{dt} \cong 490$ V/μs la ruperea curentului de 23,5 kA (treapta de 75%) ;
$\frac{du_2}{dt} \cong 810$ V/μs la ruperea curentului de 18,8 kA (treapta de 60%).

La tensiunea nominală, aceste valori se micșorează în mod corespunzător la 143, 440, respectiv 725 V/μs.

Valorile curenților pe cele trei trepte menționate era de preferat să fie realizate la o tensiune de restabilire pe partea amonte a schemei, corespunzătoare tensiunii maxime de serviciu în rețelele de 110 kV, adică :

$$U_2 = \frac{U_{max}}{\sqrt{3}} = \frac{123}{\sqrt{3}} = 71 \text{ kV},$$

sau cel puțin la

$$U_{2min} = \frac{U_N}{\sqrt{3}} = \frac{110}{\sqrt{3}} = 63,5 \text{ kV}.$$

Posibilitățile laboratorului de mare putere de la Villeurbane (raport de transformare al transformatorului ridicător de scurtcircuit neadecvat, putere de scurtcircuit insuficientă a stației de încercare în general) n-au permis obținerea acestor parametri și, datorită acestui fapt, curenții indicați mai sus au fost rupți sub o tensiune de restabilire mai joasă decît cea impusă de norme, realizîndu-se următoarele valori :

— 19,1 kA și 23 kA (pentru treptele de 60 și 75%) la 53 kV ;

— 28 kA (pentru treapta de 90%) la 50,5 kV.

Reducerea tensiunii de restabilire cu circa 25% față de cea reglementată prin normă era necesar să fie compensată prin mărirea pantei de creștere a tensiunii de restabilire în partea amonte a schemei, $\frac{du_2}{dt}$, și a primului vîrf U_{2max}, ținînd seamă de relațiile (8) și (9), sau să fie modificate în consecință caracteristicile liniei artificiale cu parametri concentrați. S-a preferat prima variantă, de menținere a curentului de rupere și caracteristicilor liniei în detrimentul tensiunii de restabilire din circuitul amonte, deoarece varianta a doua, de înăsprire a condițiilor de rupere — după cum au arătat calculele respective — nu a dat satisfacție.

Astfel, de exemplu, panta de creștere a tensiunii de restabilire reglementată în circuitul amonte la deconectarea curentului de 28 kA pe treapta de 90% trebuia să fie de cel mult 160 V/μs, însă, prin reglarea parametrilor circuitului de restabilire a tensiunii, valoarea lui $\frac{du_2}{dt}$ a fost crescută la 380 V/μs (frecvența proprie a circuitului și factorul de amplitudine au fost de 1,48 kHz, respectiv 1,8).

Amplitudinea tensiunii de restabilire trebuia să fie cuprinsă între 92 $\sqrt{2}$ și 99 $\sqrt{2}$ kV_{max} la încercarea întreruptorului sub tensiunea maximă de serviciu, de 123 kV.

În cazul încercării întreruptorului la tensiunea nominală, aceste limite se deplasează în mod corespunzător mai jos, la circa 82 $\sqrt{2}$ și 88 $\sqrt{2}$ kV_{max}.

Pentru compensarea acestui fenomen, prin reglarea corespunzătoare a factorului de amplitudine a circuitului amonte, s-au realizat următoarele valori :

$U_{2max} = 95,5\sqrt{2}\,\text{kV}_{max}$ la ruperea curenților de 19,1 și 23 kA și
$U_{2max} = 91\sqrt{2}\,\text{kV}_{max}$ la ruperea curentului de 28 kA.

Caracteristicile circuitului în aval de întreruptor, adică caracteristicile liniei artificiale cu parametri concentrați (lanț de cvadripoli LC), s-au stabilit din condițiile simulării cît mai fidele a fenomenelor de propagare a undelor în porțiunea de linie deconectată și din necesitatea asigurării curentului de scurtcircuit impus. Astfel, de exemplu, impedanţa caracteristică a liniei artificiale a fost de 500 Ω, iar impedanţele pentru cele trei trepte de curent au fost de 0,235 Ω (pentru treapta de 90%), 0,685 Ω (pentru treapta de 75%) şi 1,15 Ω (pentru treapta de 60%). Valorile eficace ale căderilor de tensiune au fost de 6,67, 15,75 şi 22 kV. Impedanţa totală a circuitului de curent (reactanţa supratranzitorie a generatoarelor de scurtcircuit, reactanţa barelor, reactanţa transformatoarelor ridicătoare de scurtcircuit şi reactanţa conexiunilor), raportată la tensiunea generatorului (mai exact la tensiunea primară a transformatorului ridicător), a fost de 0,077 Ω. Aceeaşi impedanţă raportată la tensiunea secundară a transformatorului a fost de 1,64 Ω. Schema de încercare a întreruptorului în regimul defectului kilometric este redată în figura 3. Comportarea întreruptorului la cele nouă ruperi în acest regim de avarie se poate urmări din tabela 3, întocmită după prelucrarea oscilogramelor. În figura 4 sînt redate oscilogramele pentru o rupere (din cele trei) efectuată la un curent de 60% din curentul de rupere simetric.

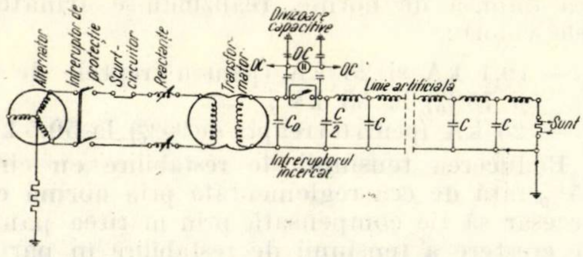


Fig. 3. Schema de încercare a întreruptorului la defect kilometric :

C_0 – bateria de condensatoare pentru reglarea frecvenţei în amonte.

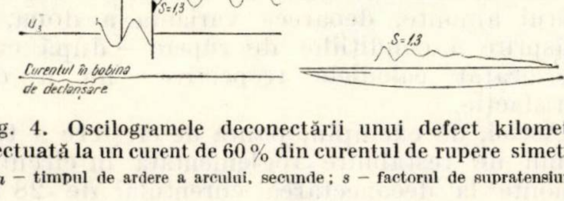


Fig. 4. Oscilogramele deconectării unui defect kilometric, efectuată la un curent de 60 % din curentul de rupere simetric :

t_a – timpul de ardere a arcului, secunde; s – factorul de supratensiune.

Curenţii s-au măsurat prin intermediul unor şunturi coaxiale, iar tensiunile cu ajutorul unor divizoare capacitive. Înregistrarea fenomenelor rapide s-a efectuat cu oscilografe catodice cu baleiaj electronic, iar a celor lente cu baleiaj mecanic.

Întreruptorul a efectuat cele două deconectări ale defectului kilometric fără emisiuni de flame sau ulei, degajînd o cantitate neglijabilă de fum. După efectuarea celor trei deconectări pe treapta de 60%, întreruptorului i s-a făcut o revizie sumară, constatîndu-se o uzură neînsemnată a contactelor. După efectuarea încercărilor pe treapta de 75%, nu s-a făcut nici o revizie întreruptorului. După terminarea probelor (după efectuarea încercărilor pe treapta de 90%) la revizie s-a constatat o uzură moderată a contactelor şi un segment rilsan al pistonului anticavitaţional, dintr-una din cele două camere de stingere, strivit. Cele constatate nu au împiedicat funcţionarea în continuare a întreruptorului la tensiune şi curenţi nominali.

Este interesant de remarcat că la întreruptorul IO-110, datorită căderii mari de tensiune în arc, primul vîrf de supratensiune, *A*, poate să depăşească – după cum se vede şi din tabela 3 – dublul valorii de amplitudine a tensiunii de linie ($K > 2$), dar acest fenomen nu periclitează buna funcţionare a întreruptorului la deconectarea unui defect kilometric.

Tabela 3

Nr. crt.	Denumirea mărimilor caracteristice ale încercării la deconectarea defectului kilometric	Treapta de curent (porţiuni de linie)								
		60%			75%			90%		
1	Numărul de ordine al operaţiei de rupere	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2	Curentul simetric întrerupt, kA		19,1			23			28	
3	Componenta aperiodică a curentului, %		< 20			< 20			< 20	
4	Tensiunea de restabilire U_2, kV		53			53			50,5	
4a	Frecvenţa proprie a lui U_2, kHz		1,48			1,48			1,48	
4b	Factorul de amplitudine		1,8			1,8			1,8	
4c	Panta de creştere a lui U_2, V/μs		398			398			380	
8	Timpul de ardere a arcului în sp.	1,55	1,7	1,45	2	1,7	1,5	1,3	2	1,5
9	Timpul propriu de deschidere în sp.		3,95			3,95			3,70	
10	Factorul de supratensiune obţinut	1,30	1,63	1,56	1,3	1,48	1,6	1,46	1,61	1,45
11	Timpul total de deschidere în sp.	5,50	5,65	5,40	5,95	5,65	5,45	5,00	5,70	5,20
12	Durata scurtcircuitului în sp.		3			3			3	
5	Amplitudinea primului vîrf de supratensiune *A*, în %, faţă de tensiunea liniei	—	—	204	243	200	95	—	—	200
6	Panta iniţială de creştere a supratensiunii pe contactele întreruptorului, kV/μs	—	—	8,2	11,9	10	4,72	—	—	—
7	Frecvenţa proprie din circuit aval, kHz		32,5			56			145	

Concluzie

Pe baza încercărilor efectuate se poate trage concluzia că întreruptorul IO-110, într-un timp de ardere a arcului mai mic de două semiperioade, întrerupe cele mai periculoase defecte kilometrice, fără reamorsări sau reaprinderi ale arcului și fără supratensiuni exagerate pe barele stației sau pe linia deconectată.

Bibliografie

[1] Pouard, M. *Nouvelles notions sur les vitesses de rétablissement de la tension aux bornes de disjoncteurs à haute tension.* Bul. Soc. Franc. Electr. vol. 8, 1958, p. 748—763.

[2] Dorf, G. A. *Vostanavlivaiușcesia napriajenie na kontaktah vikliucealelei pri otkliucenii neudalennîh korokih zamikanii.* Elektricestvo nr. 3, 1964, p.56—60.

[3] Hochrainer, A. *Der Abstandkurzschluss.* ETZ-A, Bd 80, H. 3, 1959, p. 65—70.

[4] Baltensperger, P. și Ruoss, E. *Le défaut kilométrique dans les réseaux à haute tension.* Revue Brown Boveri, tome 47, nr. 5/6, 1960, p. 329—339.

[5] Schulzé, H. *Beanspruchung der Schalter bei Abstandkurzschluss.* Elektrie H. 1, 1960, p. 30—32.

[6] Eidinger, A. și Iussila, I. *Die transieten Eischwing — vorgänge bei dreiphasigen Abstandkurzschlussen.* Brown Boveri Mitt, Bd. 51, nr. 5, 1964, p. 303—319.

[7] C 64-112/1964. *Disjoncteurs tripolaires. Règles complementaires spéciales pour les appareils dont la tension nominale la plus élévée est supérieure ou égale à 100 kV (et éventuellement égale à 72,5 kV).*

[8] Hammarlund, G. *Vostanavlivaiușcesia napriajenie na kontaktah vikliuciatelia.* Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1956.

(Articol intrat în redacție la 28 iunie 1967)

Metode moderne de determinare a rezistivității straturilor de sol

Ing. **L. Goia***)

Construcția judicioasă a instalațiilor de legare la pămînt poate conduce la importante economii de metal. Volumul mare de prize de pămînt construite anual impune tuturor organizațiilor de proiectare și montaj preocupări susținute pentru asigurarea condițiilor tehnice cu un minim de material feros.

Realizarea acestui deziderat implică cunoașterea prealabilă cu o cît mai bună precizie a rezistivității solului —la locul de amplasare a viitoarei instalații de legare la pămînt —mărime care influențează :

— rezistența prizei ;
— condițiile de stabilitate termică ;
— coeficienții de impuls.

Pentru moment, în majoritatea cazurilor proiectarea și execuția instalațiilor de legare la pămînt se face —conform unei practici învechite, care se cere neapărat abandonată — fără măsurători prealabile ale rezistivității solului. Măsurarea ulterioară a prizei construite indică dacă sînt necesare completări ale numărului de electrozi, ale lungimii benzii etc. Soluția este evident netehnică.

Numai predeterminarea rezistivității solului și precizarea straturilor cu rezistivitate minimă poate permite proiectarea optimală a prizei de pămînt și dă certitudinea că aceasta va fi stabilă termic.

Determinarea rezistivității solului omogen și izotrop se poate face, după cum se știe, cu ajutorul electrodului auxiliar sau prin metoda celor patru electrozi.

În cele ce urmează se prezintă, pe baza experienței IRME și a datelor din literatura geologică, modul cum pot fi aplicate metodele amintite în vederea stabilirii rezistivității, adîncimii și grosimii diferitelor straturi omogene de sol, cu proprietăți electrice diferite.

1. Metoda electrodului auxiliar

Măsurînd, cu metodele cunoscute din literatura de specialitate, rezistența R a unui electrod de dimensiuni date (fig. 1), se poate determina rezistivitatea solului cu ajutorul formulei :

$$\rho = R \frac{2\pi l}{\ln \frac{4l}{d}}, \qquad (1)$$

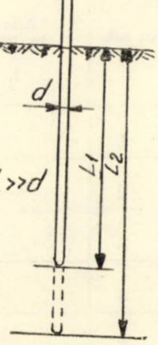


Fig. 1. Metoda electrodului auxiliar.

unde l și d au semnificațiile din figura 1. R poate fi măsurat și cu ajutorul aparatelor de tipul APP-2 — IRME, MS-08 — U.R.S.S., EAW, NORMA etc. O descriere sumară a principiului aparatului APP-2 și a modului cum se realizează măsurătorile cu ajutorul lui este dată în capitolul 3. Pentru ușurarea calculelor de determinare a lui ρ, în figura 2 s-a dat o nomogramă originală pentru $\rho(l, d, R)$.

---

*) Laurențiu Goia este adjunct șef serviciu stații și rețele la întreprinderea pentru raționalizarea și modernizarea instalațiilor energetice (IRME).

Mărimea ρ din (1) sau din figura 2 reprezintă o rezistivitate medie a tuturor straturilor între suprafața solului și adîncimea l, la locul de plantare a electrodului (rezistivitate aparentă). Dacă solul este omogen, ρ nu se schimbă cu adîncimea de plantare a electrodului. Dacă apar straturi orizontale, cu rezistivități diferite, rezistivitatea aparentă se modifică cu l, mărimea obținută fiind totdeauna mai mare decît rezistivitatea stratului celui mai conductor. Rezistivitatea individuală a fiecărui strat de sol (sondarea) se poate determina pe baza următorului raționament:

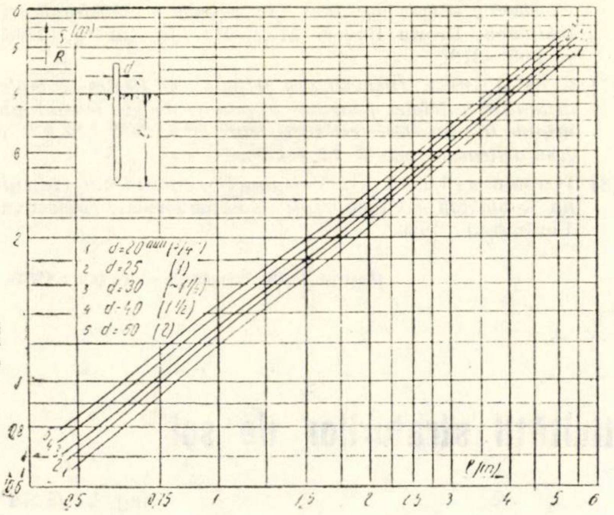


Fig. 2. Nomograma pentru determinarea rezistivității.

Se presupune că s-a îngropat electrodul pînă la o adîncime l_i. Rezistența măsurată va avea valoarea R_i, căreia îi corespunde rezistivitatea ρ_i. Se îngroapă în continuare elctrodul pînă la adîncimea l_j. Dacă rezistivitatea solului între l_i și l_j ar fi constantă și egală cu ρ_i, ar rezulta:

$$\Delta R_{if} = R_i - R_{jf},$$

unde ΔR_{if} și ΔR_{jf} sînt valori fictive (de calcul). Deoarece rezistivitatea se modifică în realitate de la ρ_i la ρ_j pentru stratul de grosime $(l_j - l_i)$, apare un alt ΔR_i și la adîncimea l_j rezistența reală R_{jm}.

Neglijînd repartiția neuniformă a densității curentului de-a lungul electrodului și considerînd liniile de cîmp radiale, se face o eroare neglijabilă. Dacă noua rezistivitate $\rho_j < \rho_i$, ΔR_i va crește în proporția ρ_i/ρ_j. Dacă $\rho_j > \rho_i$, solul conduce mai prost, ΔR_i va fi mai mic. Atunci:

$$\Delta R_i = R_i - R_{jm} = \Delta R_{if} \cdot \frac{\rho_i}{\rho_j}$$

și deci

$$\rho_j = \rho_i \frac{R_i - R_{jf}}{R_i - R_{jm}}. \qquad (2)$$

Utilizarea formulei (2) se poate urmări într-un caz concret (prezentat în tabela 1 și figura 3), la care sondarea s-a făcut cu o țeavă de oțel special cu Ø 20 mm. La adîncimile $l_i = 0{,}5 \div 4$ m s-au măsurat rezistențele țevii cu aparatul IRME APP-2. Valorile obținute s-au trecut în coloana a 3-a a tabelei 1.

Metoda este destul de laborioasă, necesitînd multe calcule. În vederea eliminării acestora, se poate folosi sonda arătată în figura 4, construită în IRME, cu ajutorul căreia se determină rezistența individuală a fiecărui strat de 0,3 m grosime.

Metoda indicată poate servi la sondare în cazul prizelor de extindere redusă, de mică adîncime. La prizele de tip centură (de mare extindere) sînt necesare mai multe sondaje în punctele caracteristice ale viitoarei centuri.

Tabela 1

Determinarea rezistivității straturilor de sol

Nr. crt. i	Adîncimea de îngropare l_i (m)	Rezistența măsurată R_i Ω	Rezistivitatea medie ρ_i (Ωm)	Rezistența calculată R_{jf} (Ω)	$R_i - R_{jf}$ (Ω)	$R_i - R_{jm}$ (Ω)	Rezistivitatea reală ρ_j
1	0,5	22	15		—	—	15
2	1	12,6	15	12,6	9,4	9,4	20
3	1,5	9,9	16,5	9	3,6	2,7	20,5
4	2	8,3	17,5	7,9	2	1,6	30
5	3	6,9	20,5	5,9	2,4	1,4	29
6	3,5	6,4	21,5	6,2	0,7	0,5	30,5
7	4	6,05	22,5	5,9	0,5	0,35	

Notă: $j = i + 1$.

Cum la adîncimi peste 2–2,5 m apar dificultăți privind plantarea și scoaterea electrodului auxiliar, pentru construcția prizelor de mare extindere și adîncime este mai indicată sondarea cu metoda celor patru electrozi.

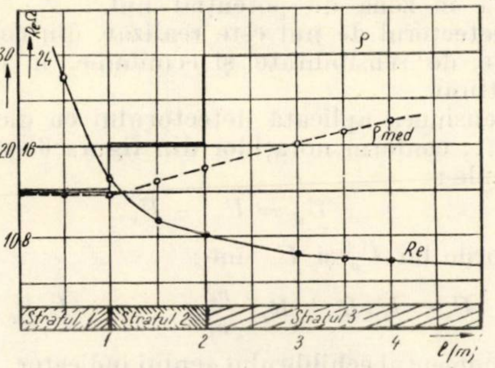


Fig. 3. Determinarea rezistivității straturilor de sol.

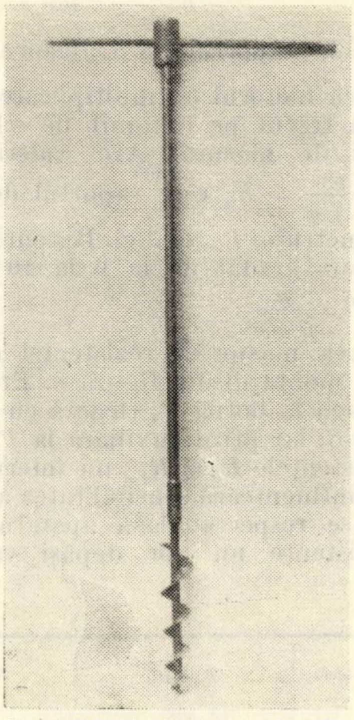


Fig. 4. Sonda IRME pentru determinarea lui ρ.

2. Metoda celor patru electrozi

Se așază în linie dreaptă patru electrozi *AMNB*, după modul indicat în figura 5. Dacă adîncimea lor de îngropare este suficient de mică, încît partea din sol să poată fi asimilată cu o emisferă, iar prin electrozii *AB* se trece un curent *I*, liniile de cîmp vor fi ca cele trasate cu linie plină, iar liniile echipotențiale ca cele trasate întrerupt în figura 5. Între electrozii *M* și *N* se va culege o diferență de potențial ΔU.

Potențialul punctului *N* – respectiv *M* –, care se află în cîmpul electrozilor emisferici *A* și *B*, se va obține prin suprapunerea efectelor. Cum potențialul unui punct *P* la distanța *X* de un electrod emisferic, situat la suprafața solului în care se disipează curentul *I*, este (conform anexei, relația 5 a) :

$$V_X = \frac{I\rho}{2\pi X},$$

avem

$$V_M = V_M^A + V_M^B = \frac{I\rho}{2\pi}\cdot\frac{1}{\overline{AM}} - \frac{I\rho}{2\pi}\cdot\frac{1}{\overline{BM}},$$

$$V_N = \frac{I\rho}{2\pi}\cdot\frac{1}{\overline{AN}} - \frac{I\rho}{2\pi}\cdot\frac{1}{\overline{BN}};$$

atunci

$$\Delta U = V_M - V_N = \frac{I\rho}{2\pi}\left[\frac{1}{\overline{AM}} - \frac{1}{\overline{BM}} - \frac{1}{\overline{AN}} + \frac{1}{\overline{BN}}\right] = \frac{I\rho}{K}$$

sau

$$\rho = K\,\frac{\Delta U}{I}. \tag{3}$$

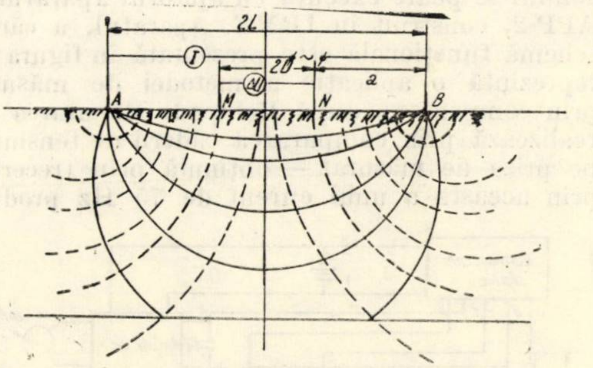


Fig. 5. Metoda celor patru electrozi.

Dacă electrozii sînt așezați simetric, *K* are următoarele expresii :

– Pentru dispoziția Schlumberger : $\overline{MN} = 2D$; $\overline{AB} = 2L$; $(L \geqslant 3D)$, unde *L* și *D* au semnificațiile din figura 5 :

$$k = \frac{\pi}{2D}\,(L^2 - D^2). \tag{4}$$

– Pentru dispoziția Wenner : $\overline{AM} = \overline{MN} = \overline{NB} = a$:

$$k = 2\pi a. \tag{5}$$

Determinarea raportului $\frac{\Delta U}{I}$ se poate face simplu, cu ajutorul unor aparate de măsurat rezistenţa prizelor: APP-2 – IRME, MS-08 – U.R.S.S., NORMA etc.

Modul cum poate fi utilizat aparatul APP-2 la măsurarea rezistivităţii solului este arătat în capitolul 3.

Valoarea lui ρ din (3), (4), (5) este o rezistivitate medie (aparentă) a straturilor de sol pînă la adîncimea $\frac{AB}{2}\left(L, \frac{3a}{2}\right)$ [3], [4], situate în apropierea planului vertical AB. Cînd solul este omogen, ρ nu se schimbă cu modificarea lui L. Cînd avem stratificări, ρ variază cu L. Determinarea parametrilor geometrici şi electrici ai diferitelor straturi de sol cu ajutorul celor patru electrozi se numeşte în literatură „metodă geoelectrică". Procesul se bazează pe utilizarea unor curbe precalculate, denumite în literatura geologică palete. Metoda celor patru electrozi, cu distanţe L, D, a variabile — denumită şi sondaj electric vertical —, este larg utilizată în geofizică şi în prospecţiunile geologice. Ea nu a fost încă utilizată în ţara noastră în scopul proiectării instalaţiilor de legare la pămînt.

3. Aparatul APP-2-IRME

Măsurarea rezistenţei electrodului auxiliar, a rezistenţei diferitelor prize şi a rezistivităţii solului se poate executa cu ajutorul aparatului APP-2, construit în IRME. Aparatul, a cărui schemă funcţională este prezentată în figura 6, reprezintă o aplicaţie a metodei de măsură prin compensare, după Behrend. Măsurarea se realizează prin compararea căderii de tensiune pe priza de măsurat — obţinută prin trecerea prin aceasta a unui curent de 75 Hz produs de un convertizor static — cu o cădere de tensiune produsă de acelaşi curent pe o rezistenţă-etalon variabilă. În momentul egalităţii celor două căderi de tensiune, controlată prin intermediul unui detector de nul, rezistenţa prizei este egală cu rezistenţa-etalon.

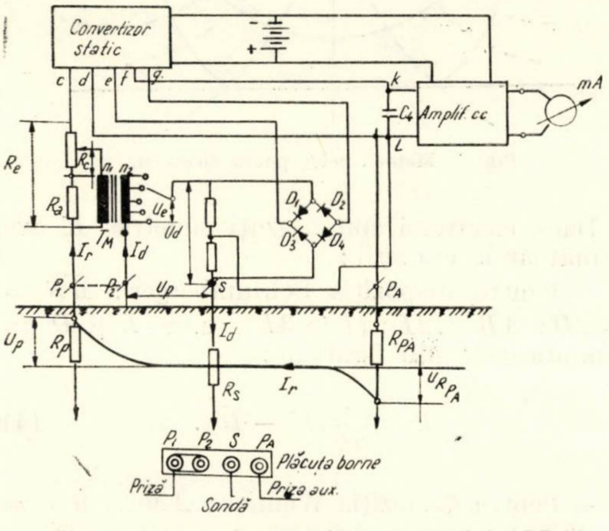


Fig. 6. Schema funcţională a aparatului APP-2.

Circuitul curentului de lucru se închide prin P_A, o priză auxiliară plantată în afara zonei de dispersie de curent a lui P. Tensiunea pe priza P se măsoară faţă de o sondă S, care se plantează în zona de potenţial nul.

Detectorul de nul este realizat, din considerente de sensibilitate şi economie, în curent continuu.

Tensiunea aplicată detectorului cu diode în punte, conform notaţiilor din figura 6, are expresiile:

$$U_d = U_p - U_e.$$

Valorile lui U_p şi U_e sînt:

$$U_e = I_r\,(R_c + R_a)\cdot\frac{n_2}{n_1}; \quad U_p = I_r\,R_p.$$

În momentul echilibrului acului indicator, $U_d = 0$ şi avem

$$R_p = (R_a + R_c)\,\frac{n_2}{n_1} = R_e\,\frac{p}{p+q}\cdot\frac{n_2}{n_1},$$

unde $\frac{n_2}{n_1}$ este raportul de transformare a lui T_M şi indică factorul de multiplicare al aparatului, fiind trecut pe butonul de schimbare a domeniului de măsură. Are valorile 0,1, 1, 10, 100; $\frac{p}{p+q} = K_p$ este raportul de divizare a potenţiometrului R_e, etalon. Butonul potenţiometrului este gradat de la 0 la 10 direct în valorile: $R_e\cdot\frac{p}{p+q}$.

În vederea măsurării rezistenţei unei prize se execută montajul din figura 6. Priza de măsurat se leagă la borna P_1 (legată cu P_2), sonda S la borna S, iar priza auxiliară la P_A.

Deşi rezistenţele R_S şi R_{PA} nu intervin în etalonare, ele influenţează sensibilitatea aparatului. Pentru a se respecta clasa aparatului (5%), aceste rezistenţe nu vor depăşi valorile din tabela 2.

Tabela 2

Domeniul de măsură	R_S (Ω)	R_{PA} (Ω)
0,1	1000	50
1	2500	500
10–100	10 000	1000

În cazul cînd distanţa între aparat şi priza de măsurat este mai mare de 2 m, legătura între aparat şi P se execută cu două fire de la P_1 şi P_2 şi legătura între P_1 şi P_2 (o plăcuţă metalică) se desface.

Modul practic de executare a măsurătorii este indicat în instrucţiunile de utilizare, înscrise pe capacul aparatului.

Aparatul descris poate fi folosit cu uşurinţă la măsurarea rezistivităţii solului.

În acest caz se realizează montajul din figura 7, demontînd plăcuța între P_1 și P_2. Se procedează în continuare ca și în cazul măsurării rezistenței prizelor.

Cînd se realizează echilibrul acului indicator:

$$U_d = U_{p_2s} - U_e = 0,$$

dar

$$U_{p_2s} = U_{MN} = \Delta U,$$

deci

$$U_e = I R_e K_p \cdot \frac{n_2}{n_1}.$$

Se observă că raportul $\frac{\Delta U}{I}$ este tocmai valoarea indicată de aparat în momentul echilibrului (o rezistență fictivă R). În cazul acesta, relația (3) devine:

$$\rho = KR. \tag{6}$$

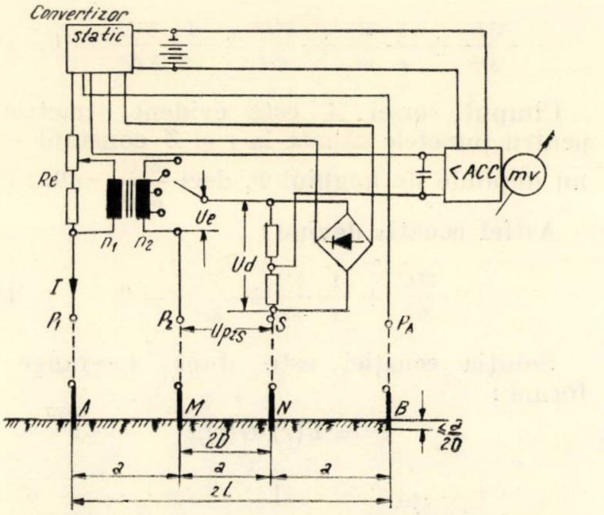


Fig. 7. Măsurarea rezistivității solului cu aparatul APP-2

Rezultă că aparatul APP-2 poate fi folosit cu ușurință la determinarea rezistivității solului.

Majoritatea aparatelor moderne de măsurare a rezistenței prizelor de pămînt (MS-08, NORMA etc.) se bazează pe același principiu ca și aparatul IRME și pot fi folosite și la măsurarea rezistivității solului după metoda celor patru electrozi.

4. Prospectarea solului cu metoda geoelectrică

Metoda geoelectrică, bazată pe sondajul electric vertical, permite, cu ajutorul unor „palete" precalculate, să se determine cu o suficientă precizie rezistivitățile, adîncimile și grosimile straturilor diferite de sol, la locul de plantare a viitoarei centuri de legare la pămînt. Ea s-a aplicat cu rezultate pozitive și în cadrul IRME. În lucrările efectuate s-a folosit dispoziția electrozilor după Schlumberger — mai comodă, deoarece implică un număr mai redus de manevre cu electrozii.

În etapa actuală, potrivit tehnologiei obișnuite de construcție a prizelor, este suficientă sondarea solului pînă la o adîncime de 10 m. În această zonă apar de obicei maximum trei straturi orizontale de rezistivitate diferită. Alura curbei $\rho(L)$ pentru cazurile posibile este indicată în figura 8. Pentru diferite rapoarte

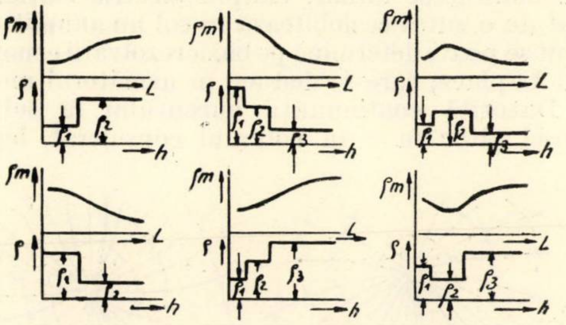
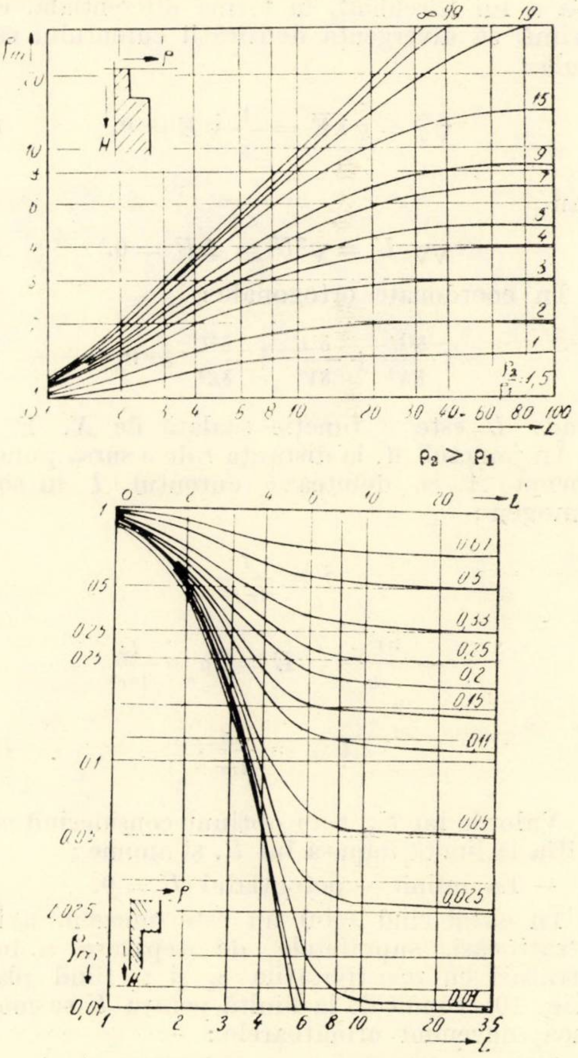


Fig. 8. Interpretarea curbelor ρ (L).

între rezistivitățile straturilor adiacente, s-au construit paletele corespunzătoare. În cele ce urmează sînt indicate bazele matematice necesare construirii acestora, iar în figura 9 sînt prezentate paletele construite.



ρ₂ > ρ₁

ρ₂ < ρ₁

Fig. 9. Paletele pentru două straturi.

4.1. *Construcția paletelor*

Într-un sol omogen, care poate fi considerat un conductor infinit, cîmpul electric staționar dat de o sursă ce debitează în sol un anumit curent se poate determina pe baza rezolvării ecuației lui Laplace, care se deduce în următorul mod :

Datorită continuității curentului în sol și lipsei altor surse în volumul considerat, legea I-a a lui Kirchhoff, în forma diferențială, exprimă că divergența densității curentului este nulă :

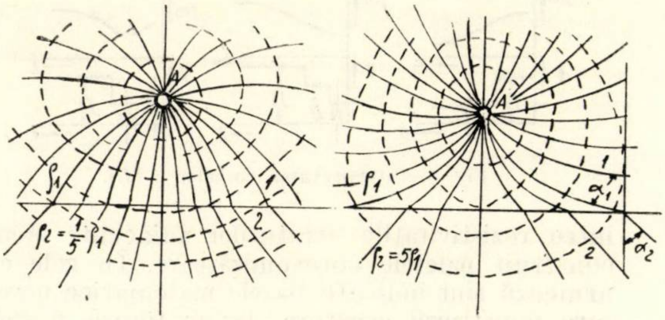


Fig. 10. Cîmpul în cazul a două straturi.

$$\nabla \bar{j} = \nabla \lambda \bar{E} = \frac{1}{\rho} \nabla E = 0, \tag{7}$$

sau

$$\nabla\nabla\ U = \nabla^2 U = \Delta U = 0. \tag{8}$$

În coordonate ortogonale :

$$\frac{\delta^2 U}{\delta X^2} + \frac{\delta^2 U}{\delta Y^2} + \frac{\delta^2 U}{\delta Z^2} = 0, \tag{9}$$

unde U este o funcție scalară de X, Y, Z.

În punctul M, la distanța r de o sursă punctiformă A ce debitează curentul I în solul omogen :

$$j = \frac{I}{4\pi r^2}$$

$$-\frac{\mathrm{d}U_M}{\mathrm{d}r} = E = j\rho = \frac{I\rho}{4\pi r^2}$$

$$U_M = \frac{I\rho}{4\pi r}. \tag{10}$$

Valorile lui U_M s-au obținut considerînd condiția la limită impusă lui U, și anume :

— La infinit — potențialul $U = 0$.

În cazul cînd solul nu este omogen, avînd stratificări, suprafețele de separare a două straturi cu rezistivitățile ρ_1 și ρ_2 fiind plane (fig. 10), condițiile la limită pentru U se modifică, devenind următoarele :

La suprafața de separare între straturi :

— același potențial pe ambele fețe ;

— componentele normale ale densității de curent egale :

$$j_{n_1} = j_{n_2} \text{ sau } \frac{1}{\rho_1}\frac{\delta U_1}{\delta n} \frac{1}{\rho_2}\frac{\delta U_2}{\delta n}.$$

— În punctul de la infinit — potențialul și densitățile de curent nule.

— Pe suprafața sursei — cîmpul identic cu cel obținut în cazul solului omogen.

Aspectul liniilor echipotențiale și al liniilor de forță este ca în figura 10.

În cazul cînd sursa A se găsește la suprafața unui sol cu stratificări orizontale (fig. 11), se utilizează pentru simplificare coordonatele cilindrice cu originea în punctul A : r, Z, Φ.

Ecuația (9) va avea forma :

$$\frac{\delta^2 U}{\delta r^2} + \frac{1}{r}\frac{\delta U}{\delta r} + \frac{\delta^2 U}{\delta z^2} + \frac{1}{r^2}\frac{\delta^2 U}{\delta \Phi^2} = 0. \tag{12}$$

Cîmpul sursei A este evident simetric — pentru punctele situate la r și Z constant — U nu depinde de unghiul Φ, deci $\frac{\delta^2 U}{\delta \Phi^2} = 0$.

Astfel ecuația devine :

$$\frac{\delta^2 U}{\delta r^2} + \frac{1}{r}\frac{\delta U}{\delta r} + \frac{\delta^2 U}{\delta z^2} = 0. \tag{13}$$

Soluția ecuației este după Lagrange de forma :

$$U = F(r) \cdot G(z),$$

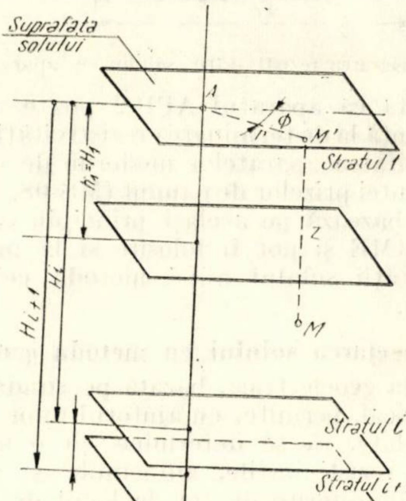


Fig. 11. Cazul general al straturilor orizontale.

unde F este o funcție numai de r, iar G o funcție numai de z. Dacă înlocuim $U = F(r) \cdot G(z)$ în (13) și împărțim cu U relația (13), se obține :

$$\frac{F''(r)}{F(r)} + \frac{1}{r}\frac{F'(r)}{F(r)} + \frac{G''(z)}{G(z)} = 0. \tag{14}$$

Deoarece F nu depinde de Z, pentru că avem (14), este necesar ca:

$$\frac{F''(r)}{F(r)} + \frac{1}{r}\frac{F'(r)}{F(r)} + m^2 = 0, \tag{15}$$

$$\frac{G''(z)}{G(z)} - m^2 = 0, \tag{16}$$

unde m este o constantă arbitrară.

Integrarea prin părţi a ecuaţiei (15) dă funcţiile Bessel $J_0(mr)$ şi $Y_0(mr)$, iar a ecuaţiei (16) funcţiile exponenţiale e^{mz} şi e^{-mz}. Pentru a fi îndeplinite condiţiile la limită la $r = 0$, integrala generală a ecuaţiei (13) trebuie să conţină numai termeni în J_0 (vezi anexa).

4.2. *Cazul a două straturi*

În scopul îndeplinirii condiţiilor la limită la $r = 0$ şi $Z = 0$, soluţia ecuaţiei (13) va fi (pentru primul strat):

$$U_1 = \int_0^\infty \left\{\frac{\rho_1 I}{2\pi} e^{-mz} + B_1(m)\,[e^{mz} + e^{-mz}]\right\} J_0(mr)\,dm.$$

Pentru $z = h_1$, condiţiile la limită dau:

$$B_1(\mathrm{m}) = \frac{I\rho_1}{2\pi}\cdot\frac{K_{12}\,e^{-2mh_1}}{1 - K_{12}e^{-2mh_1}},$$

care, dezvoltată în serie, dă (pentru punctele de la suprafaţa solului: $Z = 0$) după o serie de transformări:

$$U_1 = \frac{\rho_1 I}{2\pi}\left[\frac{1}{r} + 2\sum_{n=1}^{\infty}\frac{K_{12}^n}{\sqrt{r^2 + (2n\,h_1)^2}}\right] \tag{17}$$

$$E_1 = -\frac{\delta U_1}{\delta r} = \frac{\rho_1 I}{2\pi}\left[\frac{1}{r^2} + 2\sum_{n=1}^{\infty}\frac{K_{12}^n\,r}{\sqrt{r^2 + (2n\,h_1)^2}}\right]. \tag{18}$$

Aici avem

$$K_{12} = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \text{ (coeficient de reflexie).}$$

Într-un cîmp cu stratificări, rezistivitatea obţinută din (18) poate fi interpretată drept rezistivitatea unui sol omogen, în care, la aceeaşi distanţă de sursă, se produce acelaşi cîmp E_1. În solul omogen cu rezistivitatea ρ_m vom avea la suprafaţa solului ($Z = 0$), conform(18), la distanta r de sursă:

$$E_1 = \frac{\rho_m I}{2\pi}\cdot\frac{1}{r^2}. \tag{19}$$

Din (18) şi (19) se obţine, după înlocuirea lui r cu L:

$$\rho_m = \rho_1\left\{1 + 2\sum_{n=1}^{\infty}\frac{K_{12}^n\left(\frac{L}{h_1}\right)^3}{\left[\left(\frac{L}{h_1}\right)^2 + (2n)^2\right]^{3/2}}\right\}. \tag{20}$$

Avem deci:

$$\frac{\rho_m}{\rho_1} = 1 + 2\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1}\right)^n \frac{\left(\frac{L}{h_1}\right)^3}{\left[\left(\frac{L}{h_1}\right)^2 + (2n)^2\right]^{3/2}}. \tag{21}$$

Dacă $L \to 0$ (sau $h_1 \to \infty$) : $\rho_m \to \rho_1$.

Paleta ρ_m tinde asimptotic către ordonata ρ_1, rezistivitatea primului strat, cînd L tinde către zero.

Dacă $L \to \infty$ (sau $h_1 \to 0$) : $\rho_m \to \rho_2$.

Paleta ρ_m tinde asimptotic către ordonata ρ_2, rezistivitatea celui de-al doilea strat, cînd L tinde către infinit.

Pe baza acestor observaţii se pot construi paletele pentru cazul diferitelor rapoarte ρ_2/ρ_1. Pentru uşurinţa interpretării, în figura 9, ordonata s-a construit în punctul de abscisă $L = h_1$. Partea din palete pentru $L < 1$ nu mai este necesară, în acest caz, la interpretarea curbelor geoelectrice.

4.3. *Cazul a trei straturi*

În anexă s-a dat în principiu modul cum poate fi rezolvată ecuaţia lui Laplace în acest caz. Se obţine:

$$\rho_m = \rho_1\left[1 + 2\sum_{n=1}^{\infty} q_n \frac{\left(\frac{L}{h_1}\right)^3}{\left[\left(\frac{L}{h_1}\right)^2 + n^2\right]^{3/2}}\right]. \tag{22}$$

Coeficienţii q_n se numesc coeficienţi de emisie şi ei depind de coeficienţii de reflexie K_{mn} şi de rapoartele h_n/h_m.

Construirea paletelor pentru cazul a trei straturi devine în acest caz extrem de laborioasă.

Uşurarea rezolvării problemei interpretării curbelor geoelectrice în cazul acesta se poate baza pe următoarea constatare practică [3]:

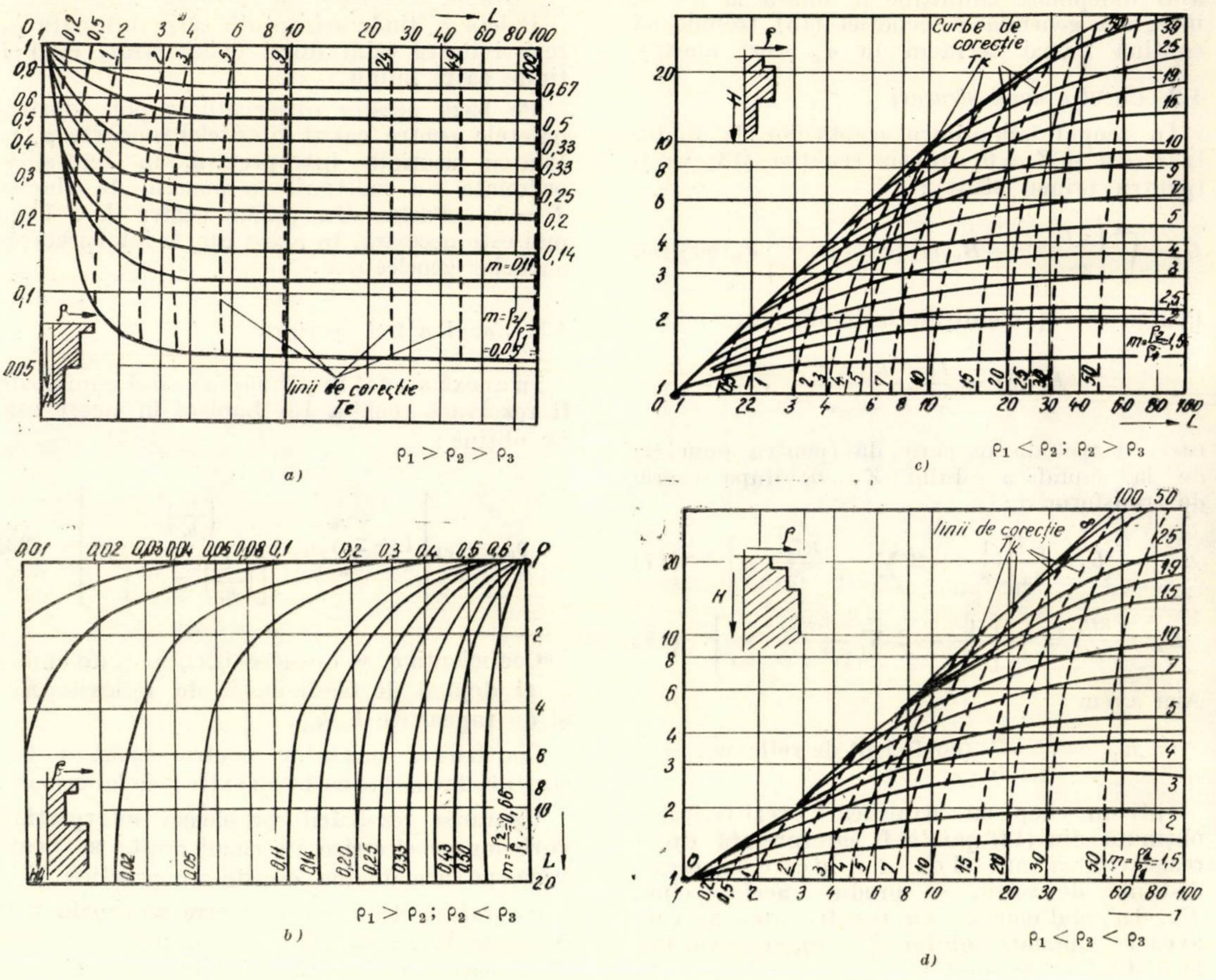
Suprafaţa de separaţie între straturile 2 şi 3 apare la adîncimea corespunzătoare valorii L, la care curba geoelectrică îşi anulează derivata (apar extreme sau puncte de inflexiune). În acest caz, cele trei straturi se pot trata aproximativ ca două zone adiacente de spaţiu din două straturi diferite. Se pot aplica deci paletele din figura 9, consecutiv, pe porţiunile distincte ale curbei geoelectrice.

Pentru reducerea erorilor se pot utiliza curbele de corecţie din figura 12, construite după [3]. Se menţionează că necesitatea utilizării lor nu este stringentă, pentru cele mai multe cazuri din practică. Corecțiile ce intervin se referă la adîncimea straturilor (linia întreruptă T_K), precum și la locul geometric al originii paletelor (fig. 9), în cazul cînd apare al treilea strat. Modul cum se utilizează curbele de corecție din figura 12 este indicat în capitolul următor.

5. Aplicarea practică a metodei

Metoda, ale cărei baze teoretice au fost arătate mai sus, a fost aplicată practic în mai multe cazuri în cadrul lucrărilor IRME. În cele ce urmează se indică o parte dintre acestea.

Alura curbei obținute, comparată cu cele din figura 8, permite să se tragă concluzia că ne găsim în cazul a două straturi de sol și că $\rho_1 > \rho_2$. Menținînd paralele axele figurilor 9 și 13, se caută să se suprapună curba reală C_1 peste una din curbele-etalon. Se obține o bună coincidență cu paleta de parametru $\rho_2/\rho_1 = 0{,}11$. Se notează în figura 13 cu O_1 — orginea coordonatelor curbelor-etalon. Abscisa lui O_1 în figura 13 este grosimea primului strat, iar ordonata sa rezistivitatea acestuia.



a) $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$

b) $\rho_1 > \rho_2$; $\rho_2 < \rho_3$

c) $\rho_1 < \rho_2$; $\rho_2 > \rho_3$

d) $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$

Fig. 12. Curbele de corecție pentru cazul a trei straturi.

5.1. *Cazul a două straturi*

Măsurătoarea s-a făcut în sol nisipos la IRE Dobrogea, pe malul lacului Siutghiol. Măsurînd rezistivitatea aparentă a solului, s-au obținut valorile indicate în diagrama din figura 13, care se construiesc pe hîrtie transparentă (curba C_1).

Rezultă că solul în locul considerat are două straturi cu următorii parametri:

$h_1 = 0{,}8$ m,

$\rho_1 = 410\ \Omega\text{m}$,

$\rho_2 = \rho_1 \cdot 0{,}11 = 45\ \Omega\text{m}$, de grosime practic infinită. Variația lui ρ cu adîncimea este prezentată în figura 14 (linie plină).

5.2. *Cazul a trei straturi*

Măsurarea s-a executat la IRE Argeş, pe teritoriul unei staţii de 110/20/6 kV în construcţie. Trasînd variaţia cu L a rezistivităţii aparente, s-a obţinut curba C_2 din figura 13. Conform figurii 8, rezultă că apar trei straturi de rezistivitate diferită şi că $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$.

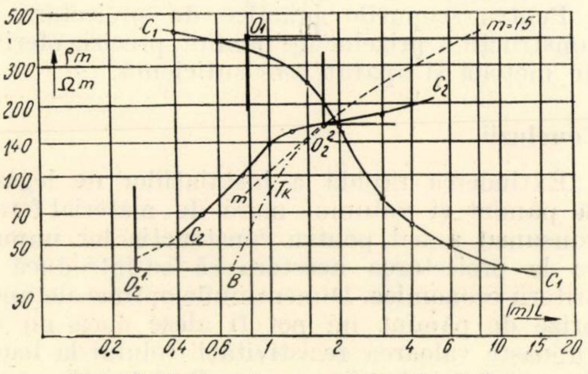


Fig. 13. Interpretarea curbelor C_1 şi C_2.

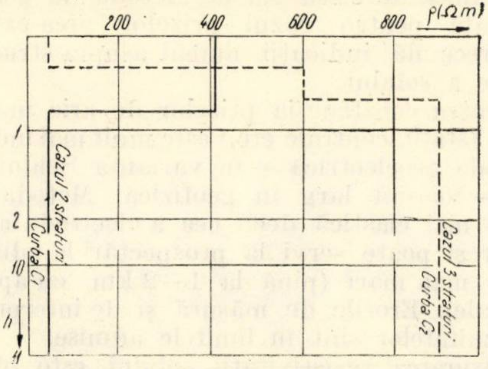


Fig. 14. Variaţia rezistivităţii cu adîncimea pentru cazurile 5.1 şi 5.2.

Interpretarea curbei C_2 se va face în două etape. Pentru început, analizînd prima parte a acesteia (L între 0,3 şi 1 m), se observă că se poate suprapune bine peste paleta $\rho_2/\rho_1 = 15$ (în cazul cînd nu apar coincidenţe, se poate interpola între două palete consecutive). Originea coordonatelor paletelor O_2^1 indică :

$$h_1' = 0{,}3 \text{ m},$$

$$\rho_1 = 40 \ \Omega\text{m}.$$

Deoarece ţăruşii au fost îngropaţi la circa 10 cm adîncime, vom avea $h_1 = 0{,}4$ m :

$$\rho_2 = 15\rho_1 = 600 \ \Omega\text{m}.$$

În continuare, pentru ridicarea preciziei interpretării se utilizează şi curbele din figura 12, *d* ($\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$). Se aplică curba C_2 peste curbele auxiliare din figura 12,*d*, astfel ca axele acestuia să se suprapună peste axele XO_2^1Y. Se trasează acum pe diagrama cu C_2 curba auxiliară corespunzătoare parametrului $m = \frac{\rho_2}{\rho_1} = 15$ (linia întreruptă).

Apoi se încadrează partea a doua a curbei C_2 între paletele din figura 9. Se va avea în vedere ca originea coordonatelor paletelor să se găsească pe curba auxiliară de parametru $m (m = 15)$, trasată întrerupt în figura 13. Originea nouă O_2^2 indică aproximativ adîncimea la care apare al treilea strat de sol, iar parametrul paletei care se suprapune cel mai bine peste partea a doua a lui C_2 — raportul ρ_3/ρ_2. Pentru a afla adîncimea exactă la care apare al treilea strat se vor suprapune axele fig. 12, *d* peste XO_2^1Y şi prin O_2^2 se va duce o paralelă la liniile de corecţie T_k din figura 12, *d* (linie punctată) pînă la intersecţia cu axa X. Abscisa punctului B — pe axa L — dă adîncimea reală h_2.

În consecinţă :

$h_2 = 0{,}65$ m, $\rho_3 = 1{,}5$, $\rho_2 = 900$ Ωm.

În rezumat, variaţia rezistivităţii cu adîncimea se petrece în modul indicat în figura 14 (linia întreruptă).

Interpretarea rezultatelor pentru cazul cu patru şi mai multe straturi se poate face pe baza paletelor prezentate, prin divizarea curbei în porţiuni de 1—2 straturi.

În figura 15 este indicată aplicarea metodei pentru cazul a patru straturi de proprietăţi diferite.

5.3. *Verificarea experimentală a metodei geoelectrice*

Pentru a studia în ce măsură în cazul utilizării metodei geoelectrice erorile sînt acceptabile, datele obţinute la interpretarea curbelor s-au verificat prin măsurători directe în sol.

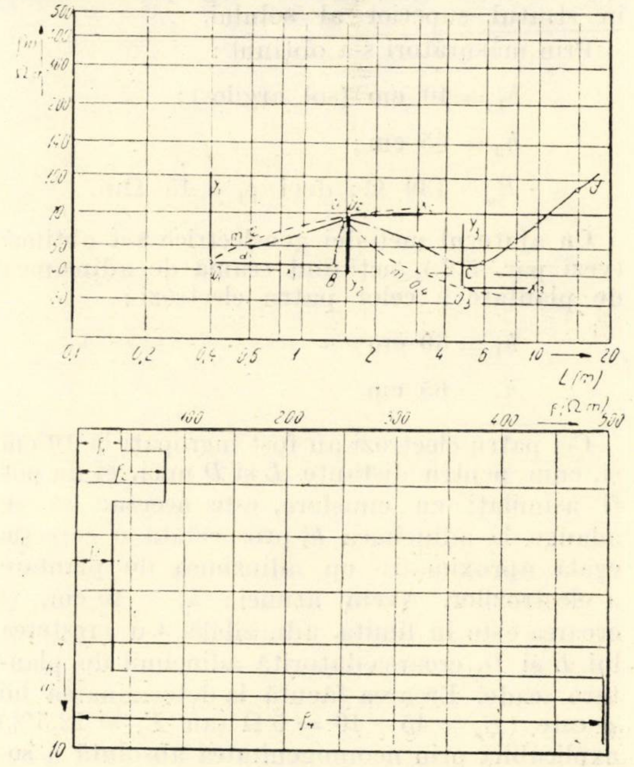


Fig. 15. Cazul a patru straturi.

Verificarea s-a făcut inițial prin compararea celor două metode de măsurare a rezistivității. Ca exemplu se oferă măsurătorile executate pe traseul LEA 15 kV Buhuși — Costișa. Măsurînd cu aparatul APP-2 rezistivitatea solului, s-a obținut:

— Metoda electrodului auxiliar:

$L = 300$ mm, $d = 20$ mm, $R = 200\ \Omega$.

Rezultă $\rho_2 = 92\ \Omega$m.

— Metoda celor patru electrozi:

$2\,L = 1{,}5$ m, $2\,D = 0{,}5$ m, $R = 29\ \Omega$.

Rezultă $\rho_1 = 91\ \Omega$m.

$2\,L = 2{,}5$ m, $2\,D = 0{,}5$ m, $R = 9\ \Omega$.

Rezultă $\rho_1 = 86\ \Omega$m. ($2L = 0{,}6$ m).

Deci, la aceeași adîncime $h = 0{,}3$ m, rezultatele obținute prin cele două metode sînt practic identice.

În continuare s-au verificat și datele obținute în cazul apariției unor straturi orizontale.

În cazul 5.2, la construcția prizelor stației de 110/20/6 kV, s-au măsurat dimensiunile straturilor orizontale și rezistența stratului superior, cu ajutorul metodei electrodului auxiliar. Dimensiunile straturilor distincte s-au măsurat pe părțile laterale ale șanțului de fundație din stație.

Electrodul auxiliar folosit a fost unul din țărușii aparatului de măsurat prize tip APP-2, care are Ø 20 mm, și a fost îngropat la 20 cm în stratul superior al solului.

Prin măsurători s-a obținut:

$h_1 = 40$ cm (sol argilos);

$h_2 = 65$ cm;

$R_a = 130\ \Omega$; deci $\rho_1 = 45\ \Omega$m.

Cu ajutorul metodei geoelectrice s-a obținut (vezi par. 5.2.), netinînd seamă de adîncimea de plantare a celor patru electrozi:

$h_1 = 30$ cm;

$h_2 = 65$ cm.

Cei patru electrozi au fost îngropați la 10 cm și, cum pentru distanțe L și D mici, ei nu pot fi asimilați cu emisfere, este necesar să se adauge la adîncimea h_1^1 prospectată o corecție egală aproximativ cu adîncimea de plantare a electrozilor. Avem atunci: $h_1 = 40$ cm, și eroarea este în limita admisibilă. Cu creșterea lui L și D, eroarea datorită adîncimii de plantare scade. Eroarea făcută la determinarea lui ρ este ($E_p = 45 - 40 = 5\ \Omega$ sau $E_p = 12{,}5\%$) explicabilă prin neomogenitatea absolută a solului.

Rezultă că aparatul APP-2 poate folosi cu succes la determinarea rezistivității straturilor de sol, pentru prospectări pînă la adîncimea de 10—15 m.

Pentru adîncimi superioare cifrelor de 20—25 m, inductivitatea firelor de curent introduce erori mari, care se vor putea compensa numai prin perfecționări aduse aparatului.

Pentru scopurile practice de proiectare și construcții a prizelor de pămînt, precizia oferită de metodă și aparat este suficientă.

Concluzii

Extinderea rapidă a instalațiilor de legare la pămînt și volumul mare de material feros consumat anual pentru construcția lor impun ca la proiectarea acestora să se introducă și criterii economice. Dimensiunile optime ale unei prize de pămînt nu pot fi alese dacă nu se cunoaște valoarea rezistivității solului la locul de montare. Aceasta poate fi determinată cu ajutorul electrodului tip sapă-melc, pînă la adîncimea de circa 2,5 m. Metoda nu poate fi aplicată pentru cazul prizelor prea extinse, deoarece dă indicații numai asupra structurii locale a solului.

Pentru construcția prizelor de arie mai extinsă (stații, centrale etc.) este mult mai indicată metoda geoelectrică — în varianta Schlumberger — folosită larg în geofizică. Metoda este mult mai elastică decît cea a electrodului auxiliar și poate servi la prospectări la adîncimi mult mai mari (pînă la 1—2 km, cu aparate speciale). Erorile de măsură și de interpretare a rezultatelor sînt în limitele admise.

Măsurarea rezistivității solului este obligatorie la prizele de tip stație și se recomandă a se executa la majoritatea instalațiilor mai complexe de legare la pămînt.

După sondare, dimensiunile elementelor prizei se vor stabili pe baza criteriilor de economicitate maximă [6], [7], ținînd seamă că, pentru a fi puțin influențate de factorii meteorologici, benzile de legătură și electrozii nu vor fi îngropați la mai puțin de 0,5—0,8 m.

Aplicînd metoda respectivă — la refacerea proiectului unei instalații de legare la pămînt care avea inițial 800 m centură și 60 electrozi verticali — a fost posibil, prin adîncirea cu 0,8 m a benzilor, să se economisească toți cei 60 electrozi și 600 m centură. În [4] și [6] sînt indicate cîteva cazuri din R.D.G. și U.R.S.S. în care au rezultat economii importante de material feros.

Pe baza datelor prezentate se justifică cu prisosință aplicarea metodei geoelectrice la proiectarea prizelor de pămînt.

Se propune inițierea unor cercetări în vederea întocmirii unor hărți ale solului pentru adîncimile curente de plantare a prizelor de pămînt (1 — 5 m).

ANEXĂ

Cazul general al stratificărilor orizontale

Integralele generale ale ecuaţiei (14) sînt de forma:

$$U = \int_0^\infty A_1(m)\, e^{-mz} J_0(mr) dm + A_2(m)\, e^{-mz} y_0(mr)\, dm +$$

$$+ \int_0^\infty B_1(m)\, e^{mz} J_0(mr)\, dm + B_2(m)\, e^{-mz} Y_0(mr)\, dm. \quad (1\ a)$$

Funcţiile $Y_0(mr)$ în punctele situate pe axa Z (deci pentru $r = 0$) devin infinite. Deci pentru a respecta condiţiile la limită în acest caz, în mod obligatoriu, $A_2(m)$ şi $B_2(m)$ trebuie să fie nuli. Relaţia (1 a) devine atunci:

$$U = \int_0^\infty [A(m)\, e^{-mz} + B(m)\, e^{mz}]\, J_0(mr) \cdot dm. \quad (2\ a)$$

$A(m)$ şi $B(m)$ au forme diferite pentru diferite straturi.

— Pentru stratul I:

$$U_1 = \frac{\rho_1 I}{2\pi \sqrt{r^2 + z^2}} + \int_0^\infty (A_1'(m)\, e^{-mz} +$$

$$+ B_1'(m)\, e^{mz})\, J_0(mr) \cdot dm. \quad (3\ a)$$

Analog se pot scrie ecuaţiile pentru tensiunile punctului în celelalte straturi. Luînd cazul a trei straturi orizontale, coeficienţii $A_1(m)$ şi $B_1(m)$ se găsesc din condiţiile la limită pentru suprafeţele de separare între straturi (h_i). Rezolvînd problema, se obţine în primul strat, pentru puncte situate la suprafaţa solului ($z = 0$), după dezvoltarea în serie a lui $A_1(m)$ şi $B_1(m)$:

$$U_1 = \frac{\rho_1 I}{2\pi} \left[\frac{1}{r} + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{qn}{(r^2 + n^2 h^2)^{3/2}} \right]. \quad (4\ a)$$

Coeficienţii q_n depind de proprietăţile straturilor adiacente. Din relaţia (4 a) se poate trece la valoarea lui ρ_m şi se obţine ecuaţia (22).

În cazul a două straturi, valoarea lui U este cea din ecuaţia (17).

Dacă presupunem $h_1 = \infty$, deci un singur strat:

$$U_1 = \frac{I \rho_1}{2\pi r}, \quad (5\ a)$$

deci tocmai relaţia pentru V_x din text, considerînd $V_\infty = 0$; $U_1 = V_1$.

Bibliografie

[1] Dahnov, B. N. *Elektriceskaia razvedka.* Gostoptehizdat, Moscova-Leningrad, 1953, ediţia a II-a.

[2] Iakubovski, I. V. *Elektrorazvedka.* Nedra-Moscova, 1964.

[3] Müller, R. *Măsurările geoelectrice — o nouă metodă de determinare a rezistivităţii solului.* Der Elektropraktiker 18 (1964), nr. 6—7.

[4] Fritsch, V. *Berechnung von Blitzschutzerdern.* Comunicările ABB. Jahrestagung 1966, Münster.

[5] STAS 6119-59. *Instalaţii de protecţie prin legare la pămînt.*

[6] Iakobs, A. I. *Vibor optimalnoi dlinî vertikalnîh zazemalitelei.* Promîşlennaia energhetika nr. 7, 1966, p. 38—41.

[7] Zaborski, I. *Diagrame pentru stabilirea dimensiunilor optime ale electrozilor legărilor la pămînt.* Transactions of AIEE, p. III, 72, 1953, p. 810—816.

[8] Iakobs, A. I. *Opredelenie udelnovo soprotivleniia gruntov.* Elektriceskie stanţii, nr. 8, 1966.

(Articol intrat în redacţie la 26 noiembrie 1967)

Pentru tînărul inginer

Evoluţii recente ale metodelor numerice de determinare a regimurilor staţionare ale sistemelor electroenergetice

Ing. **Crivăţ Săvulescu**[*]

O problemă importantă, a cărei soluţie reclamă expeditivitate şi precizie deosebite, este cea a regimurilor staţionare ale sistemelor electroenergetice. Dificultăţile de surmontat sînt mari: reţelele actuale cuprind peste 100 noduri şi 150 linii de interconexiune sau radiale, ceea ce face ca numărul de necunoscute să fie mare, iar condiţiile din noduri introduc neliniarităţi, fapt care ridică la 2^k gradul sistemelor de ecuaţii simultane care se cer rezolvate, k fiind numărul de ecuaţii care descriu univoc starea fizică a reţelei sistemului electroenergetic.

Din aceste motive, deşi metodologia de calcul este stabilită de un timp relativ lung, totuşi aplicarea metodelor cunoscute la calculul reţelelor complexe s-a putut face numai o dată cu introducerea şi dezvoltarea tehnicii numerice electronice de calcul.

Lucrarea de faţă îşi propune o prezentare a metodelor numerice de calcul al regimurilor staţionare ale sistemelor electroenergetice cunoscute în literatura de specialitate, încercînd o ordonare a acestora după criterii formale.

1. Problema calculului regimurilor staţionare ale sistemelor electroenergetice

1.1. *Formularea generală a problemei*

Fie N numărul de noduri ale unui sistem electroenergetic, inclusiv nodul comun, „nodul pămînt". Dat fiind faptul că sistemele electroenergetice sînt descrise de mărimi de tip nodal (injecţii de curent atît la consumatori cît şi în punctele de generare, tensiuni ale nodurilor în raport cu un punct comun de referinţă — nodul pămînt), apare evidentă prioritatea ecuaţiilor „nodale", care rezultă prin aplicarea transformării nodurilor fie prin metoda lui G. Kron, fie prin metoda topologică [11], [12]:

$$I = YE, \quad (1)$$

legătura dintre curentul $\underline{I}_i$ şi puterea aparentă $\underline{S}_i$ în nodul i fiind dată de ecuaţia (2):

$$\underline{S}_i = E_i \underline{I}_i^*, \quad (2)$$

$\underline{E}_i$ fiind tensiunea complexă a nodului i.

---

[*] Ing. Crivăţ Săvulescu este doctorand în electroenergetică la Institutul de energetică al Academiei R.S. România.

Combinarea ecuaţiilor (1) şi (2) conduce la un sistem de ecuaţii neliniare, de gradul 2^{N-1}, a cărui rezolvare poate fi concepută numai pe căi iterative.

Faptul că atît datele problemei cît şi necunoscutele sînt mărimi bidimensionale complexe, precum şi diferenţierea nodurilor din punctul de vedere al dimensiunilor fizice ale mărimilor care intervin, obligă la considerarea lor în contextul problemei înaintea abordării rezolvării acesteia. Cu notaţiile specificate mai jos :

$$\underline{Z}_i = R_i + jX_i \tag{3}$$

$$\underline{Y}_i = G_i + jB_i \tag{3'}$$

$$\underline{I}_i = a_i + jb_i = I_i \,|\underline{\varphi_i},\tag{4}$$

$$\underline{E}_i = e_i + jf_i = E_i \,|\underline{\delta_i},\tag{5}$$

$$\underline{S}_i = P_i + jQ_i = \underline{E}_i \, \underline{I}_i^*,\tag{6}$$

Z = matricea impedanţelor proprii şi de transfer, numită şi matricea impedanţelor nodale [9], [16],
Y = matricea admitanţelor nodale,
I = vectorul curenţilor injectaţi,
E = vectorul tensiunilor nodale,

mărimile care pot interveni într-un nod sînt : P, Q, a, b, e, f în coordonate rectangulare sau P, Q, I, φ, E, δ în coordonate polare.

Consideraţii elementare privind numărul de mărimi care trebuie cunoscute pentru rezolvarea univocă a sistemului de ecuaţii care descriu starea fizică a reţelei sistemului electroenergetic dat conduc la concluzia că în fiecare nod trebuie precizate două mărimi. Acestea pot fi : P şi Q, P şi E, E şi φ, I şi δ etc., potenţial în orice combinaţie.

Pentru fiecare nod există $C_6^2 = 15$ posibilităţi de definire a celor două mărimi cunoscute şi, corespunzător, $C_6^2 = 15$ perechi de necunoscute care se determină, adică în total $15 \times 15 = 225$ variante.

Particularităţile sistemului electroenergetic, pe de o parte, şi scopul bine precizat al studiilor, pe de altă parte, ne obligă să restrîngem cu mult cadrul problemei :

a) *In exploatare*, studiile de determinare a regimurilor staţionare se fac pe baza următoarelor ipoteze :

— se cunosc :
— tensiunea nodului de balans în modul şi argument ;
— puterile active şi reactive în nodurile consumatoare ;
— puterile active şi tensiunile în modul în nodurile generatoare ;

— se determină :

— puterea activă şi reactivă în nodul de balans, numit din această cauză şi nod de echilibrare ;

— tensiunile în modul şi argument la consumatori ;

— puterile reactive generate şi argumentele tensiunilor în nodurile generatoare.

b) *În proiectare* se pleacă de la premisele :

— mărimi cunoscute :
— tensiunea în modul şi argument în nodul de balans ;
— puterile active şi reactive la consumatori ;
— puterile active şi reactive în punctele de generare ;
— mărimi ce urmează a fi determinate :
— puterea activă şi reactivă în nodul de balans ;
— tensiunile în modul şi argument la consumatori ;
— tensiunile în modul şi argument în punctele de generare.

În plus vor trebui considerate restricţii (mai puţin în exploatare, unde se pleacă de la regimuri foarte puţin modificate faţă de cel real, care trebuie studiat, mai mult în proiectare, unde volumul de informaţii iniţiale este minim) de tensiune la consumatori, precum şi restricţii privind circulaţia puterilor active şi reactive în liniile sistemului.

Modul de cunoaştere a mărimilor, precum şi precizia cu care urmează a fi determinate afectează calculele în sensul facilitării lor [1], [3] :

a) O parte din mărimile date ale regimului trebuie considerate ca certe, impuse, ele alcătuind mărimile care caracterizează starea şi pentru care se fac cercetările, şi anume : puterea totală a sarcinii, puterea centralelor (condiţionate fie de un optim economic, fie de condiţii de disponibilităţi), nivelul tensiunilor şi, în mod cert, cel puţin al uneia care asigură nivelul general.

b) O altă parte de mărimi pot fi considerate caracteristice pentru regim încadrate într-o plajă de valori, cu limitări superioare şi inferioare : sarcinile în fiecare nod în parte, corespunzătoare unei sarcini totale (precizarea lor în calcul cu valori determinate se face de multe ori numai din necesităţi de calcul, deoarece admiterea unor abateri faţă de o valoare medie nu alterează rezultatele), tensiunile într-o parte din noduri pentru care, de asemenea, pot fi considerate plaje de valori.

În plus, datele iniţiale ale problemei conduc imediat la tipul de soluţie : cînd se cunosc puterile injectate în noduri se pot aplica numai metode iterative, în timp ce în cazul cunoaşterii injecţiilor de curent (fără a fi necesară precizarea argumentelor acestora) sînt fecunde metodele directe.

1.2. *Caracteristicile programului de calcul*

Condiţiile la limită intervin diferit pentru diferite tipuri de noduri. Vor trebui asigurate :

— menţinerea nivelului de tensiuni ;

— consumurile de putere activă şi reactivă ;

— limitarea circulaţiei puterilor active şi reactive.

În plus, programul de calcul trebuie să ofere posibilitatea :

— reglării tensiunilor în modul sau în modul şi argument ;

— reglării în bloc a tensiunilor dintr-o zonă prin acţionarea asupra raportului de transformare al tuturor transformatoarelor adiacente ;

— modificării impedanţelor transformatoarelor prin ploturile de reglaj.

Alegerea unui nod de referinţă cu tensiune fixată în modul şi argument şi cu putere aparentă liberă, nodul de balans, este arbitrară, dar nu întîmplătoare, ea influenţînd convergenţa calculelor ulterioare. Nodul de balans se va putea deplasa, eventual, în timpul calculului, în scopul măririi rapidităţii acestuia, cu condiţia aplicării unor corecţii finale în vederea revenirii la topologia iniţială.

De asemenea, nodurile cu tensiune fixată în modul se pot ,,plimba'' pe parcursul calculului în scopul micşorării tranzitului pe linii [13].

Aşa cum s-a arătat la început, rezolvarea sistemului de ecuaţii (1) cu condiţiile din noduri (2) poate fi concepută numai pe căi iterative. În plus, aceste metode au calitatea de a fi autocorectoare, orice eroare accidentală apărută pe parcursul calculului iterativ fiind automat eliminată într-un număr de iteraţii.

O problemă delicată este cea a convergenţei. Abordarea studiului pe baza matricei admitanţelor nodale implică o convergenţă foarte slabă, fapt care face necesară aplicarea unor factori de accelerare.

Rezolvarea sistemului (1') simultan cu sistemul (2') :

$$E = Y^{-1} I = Z I \tag{1'}$$

$$\underline{S}_i = \underline{E}_i \, \underline{I}_i^* \quad {}_{i=1,\dots,N}, \tag{2'}$$

în care Z este matricea impedanţelor nodale — numită şi matricea impedanţelor proprii şi de transfer — este mult mai expeditivă, avantaj care, din păcate, este contrabalansat de dificultatea pe care o prezintă inversarea matricei Y.

Metodele utilizînd matricea Y au fost numite ,,iterative'', deoarece necesită un număr de iteraţii de ordinul sutelor, în timp ce metodele utilizînd matricea Z au fost numite ,,directe'', deoarece conduc la soluţie după numai cîteva iteraţii.

Au fost puse la punct şi programate multe metode de calcul, ce pot fi grupate în patru mari categorii : metode iterative, metode directe, metode de reducere şi metode hibride.

Din considerente practice, s-au impus metoda Gauss-Seidel şi metodele de reducere, în anumite cazuri particulare putînd fi urmate şi alte căi.

2. Metode iterative accelerate în calculul regimurilor staționare ale sistemelor electroenergetice

Pentru rezolvarea iterativă a problemei regimurilor staționare ale sistemelor electroenergetice s-au impus mai multe procedee matematice :

— *Metoda Gauss-Seidel*. Este simbioza dintre algoritmul de eliminare Gauss, binecunoscut în ,,algebra liniară'', și procedeul iterativ Seidel, caracterizat prin aceea că, la iterația $p + 1$, pentru determinarea tensiunii $\underline{E}_i^{(p+1)}$ în nodul i, se vor utiliza în calcul valorile $\underline{E}_1^{(p+1)}, \underline{E}_2^{(p+1)}, \ldots, \underline{E}_{i-1}^{(p+1)}$, $\underline{E}_{i+1}^{(p)}, \ldots, \underline{E}_{N-1}^{(p)}$ ale tensiunilor în celalte noduri ale sistemului.

— *Metoda Jacobi*. Se deosebește de metoda Gauss-Seidel prin aceea că, la iterația $p+1$, determinarea tensiunii $\underline{E}_i^{(p+1)}$ se face pe baza valorilor $\underline{E}_1^{(p)}, \underline{E}_2^{(p)}, \ldots, \underline{E}_{i-1}^{(p)}, \underline{E}_{i+1}^{(p)} \ldots \underline{E}_{N-1}^{(p)}$.

— *Metoda Newton-Raphson*. Interesantă din punct de vedere matematic, paralel cu mărirea convergenței calculelor implică dificultăți sporite de programare, precum și un volum extins de memorie a calculatorului electronic. Metoda este prezentată detaliat în studiile citate [15], [29].

— *Metode de relaxație*. Sînt abordate mai puțin în literatura de specialitate, datorită programării deosebit de dificile [15].

În cele ce urmează se vor prezenta cîteva căi utilizînd procedeul Gauss-Seidel.

2.1. *Metoda deplasărilor succesive supracorectate*

S-a observat că într-un proces iterativ de determinare a tensiunilor nodale pe baza ecuațiilor (1), după o perioadă inițială de corecții care nu ascultă de nici o lege, convergența fiecărei tensiuni devine monotonă. În plus, fixarea tensiunii în modul în anumite puncte are și ea implicații în accentuarea convergenței.

Cu notațiile specificate anterior, după obținerea corecțiilor Δe_i și Δf_i, se vor aplica factori de accelerare diferiți, k_e și k_f astfel încît :

$$\underline{E}_i^{(p+1)} = e_i^{(p)} + k_e\,\Delta e_i^{(p)} + j[f_i^{(p)} + k_f\,\Delta f_i^{(p)}], \tag{7}$$

la iterația $p+1$.

Pentru $k_e = k_f = 1{,}6$, studiul unui sistem cu 50 de noduri, care ar fi necesitat 450 de iterații în metoda neaccelerată, se va epuiza în 120 de iterații.

Dacă se va acționa asupra reziduurilor ΔP și ΔQ, în sensul modificării lor prin multiplicarea cu factorii k_P și k_Q se va putea grăbi procesul iterativ prin alegerea $k_P \neq k_Q$. Pentru $k_P = 1{,}7$ și $k_Q = 1{,}2$, sistemul de mai sus se rezolvă în numai 70 de iterații [24].

Deosebit de eficientă s-a dovedit observația că corecțiile succesive formează o progresie geometrică cu rația $r \approx$ ct. Pentru un sistem dat, r va fi funcție nu de structura sistemului, ci de valorile factorilor de accelerare.

Metoda propusă de Brown și Tinney [24] trebuie să acopere următoarele puncte :

— Iterarea prin cea mai bună metodă a deplasărilor succesive supracorectate pînă ce convergența devine monotonă pentru toate variabilele, fie aceasta iterația p, și continuarea procesului iterativ pînă la iterația $p+4$.

— Calculul lui r_i în acest interval pentru fiecare bară i :

$$r_{ie}^{(p)} = \frac{\Delta e_i^{(p+1)}}{\Delta e_i^{(p)}}, \quad r_{if}^{(p)} = \frac{\Delta f_i^{(p+1)}}{\Delta f_i^{(p)}};$$

$$r_i = \frac{1}{10}\sum_{n=p}^{p+4} [r_{ie}^{(n)} + r_{if}^{(n)}]. \tag{8}$$

— Calculul :

$$\underline{\sigma}_i = \sum_{n=p}^{p+4} [\Delta e_i^{(n)} + j\,\Delta f_i^{(n)}]; \tag{8'}$$

$$M_i = \frac{\sum\limits_{n=5}^{\infty} [r_i^{(n)}]^n}{\sum\limits_{n=0}^{n=4} [r_i^{(n)}]^n}. \tag{8''}$$

— Efectuarea corecțiilor :

$$\underline{E}^{(p+5)} = \underline{E}^{(p+4)} + M_i\,\underline{\sigma}_i \tag{9}$$

Se ajunge astfel la o convergență oscilantă rapidă.

Dacă la iterația $p+5$ rezultă o divergență a calculului, va fi suficientă schimbarea semnului lui M_i [24].

2.2. *Alte metode de accelerare a convergenței*

Dacă $\underline{E}_i^{(p-1)}, \underline{E}_i^{(p)}, \underline{E}_i^{(p+1)}$ sînt trei aproximații succesive ale tensiunii nodale $\underline{E}_i$ și dacă erorile succesive constituie o progresie geometrică, este recomandabil, după M.A. Laughton și M. W. Humphrey-Davies [15], să se aplice relația de extrapolare :

$$\underline{E}_i'^{(p+1)} = \underline{E}_i^{(p+1)} - \frac{[\underline{E}_i^{(p+1)} - \underline{E}_i^{(p)}]^2}{\underline{E}_i^{(p+1)} - 2\underline{E}_i^{(p)} + \underline{E}_i^{(p-1)}} \tag{10}$$

la circa 10 iterații.

Unii autori [13], [15] recomandă utilizarea unui factor de accelerare complex :

$$\underline{\omega} = k_1 + jk_2, \tag{11}$$

cu care

$$\underline{E}_i'^{(p+1)} = \underline{E}_i^{(p)} + \underline{\omega}\,[\underline{E}_i^{(p+1)} - \underline{E}_i^{(p)}]. \tag{12}$$

În literatura americană de specialitate [16], [23], [24], [25] se afirmă că elementele care determină convergența și alegerea factorului optim de accelerare nu sînt în totalitate clare. Se recomandă, ca și de către unii cercetători români [8], [10], alegerea unui factor de accelerare cuprins între 1,2 și 1,7, indicînd $k = 2$ factorul de accelerare pentru care are loc divergența procesului iterativ.

Atît cercetările experimentale cît și cele teoretice [13] au dus la concluzia că alegerea factorului de accelerare trebuie făcută cu discernămînt, în sensul că un factor de accelerare prea mic este ineficient, iar un factor de accelerare prea mare determină divergența procesului iterativ.

Importantă este, de asemenea, alegerea nodului de balans. Se recomandă [13] alegerea unui nod cu producție mare și consum mic, cu nivel ridicat de tensiune și strîns legat de sistem, cel mai mare număr de legături trebuind să fie puternic producătoare și slab consumatoare.

3. Metode directe de determinare a regimurilor staționare ale sistemelor electroenergetice

Convergența deosebit de rapidă a metodelor de calcul care utilizează matricea impedanțelor proprii și de transfer, iterînd sistemul de ecuații (1′), precum și posibilitățile pe care le oferă această matrice în anumite studii speciale, de exemplu calcule de pierderi, au atras atenția multor cercetători, care, în diverse studii, au încercat să surmonteze dificultatea ridicată de inversarea matricei admitanțelor nodale și să propună metode de construcție directă a matricei impedanțelor proprii și de transfer (nodale) [9], [14], [16].

Se utilizează frecvent mai multe metode :

— *Metoda transfigurării*, a lui R.B. Shipley, care, matematic, corespunde rezolvării unui sistem de ecuații algebrice liniare prin metoda eliminărilor succesive a lui Gauss.

— *Metoda injectării curenților unitari* și a determinării stării electrice a rețelei pe baza teoremei a doua a lui Kirchhoff.

— *Metoda construirii succesive a rețelei* prin adăugarea de noi elemente pînă la epuizarea tuturor laturilor, metodă care constă în determinarea inversei unei matrice prin procedeul bordajului.

— *Metoda ,,ortogonală''*, folosită la Dispecerul național într-o variantă elaborată de ing. Al. Petroianu [9].

De asemenea, se arată [14], [15] cum se modifică matricea impedanțelor proprii și de transfer o dată cu modificarea structurii sistemului.

Odată construită matricea impedanțelor proprii și de transfer, iterarea sistemului (1′) și (2′) nu mai pune probleme de volum de calcul, acesta fiind deosebit de expeditiv.

Rezolvarea directă a problemei regimurilor staționare se poate face și pe alte căi : metoda eliminărilor Gauss, metoda triangularizării, metoda partiţionării — toate acestea fiind de fapt căi de inversare a matricei admitanţelor nodale, matrice care se poate scrie fără efort, odată obţinută matricea impedanţelor proprii şi de transfer putîndu-se trece la iterarea sistemului (1').

Vom examina numai ultimele două căi, algoritmul de eliminare Gauss fiind cunoscut din ,,algebra liniară''.

3.1. *Triangularizarea*

Date fiind proprietăţile de simetrie ale matricei admitanţelor nodale Y, se pot stabili procedee de soluţionare a ecuaţiei (1') prin inversarea matricei Y, scrisă sub altă formă [15]. Considerînd o matrice triunghiulară superioară M şi transpusa sa $L = M^T$, inversarea matricei Y se va uşura considerabil dacă ea va fi scrisă sub forma :

$$Y = L\,M = L\,L^T = M^T M. \tag{13}$$

Atunci, notînd cu l_{ij} elementele matricei $L = [l_{ij}]$, se va scrie această matrice triunghiulară inferioară pe baza algoritmului :

$$l_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{pentru } i < j \\ \left[y_{ij} - \sum\limits_{k=1}^{j-1} l_{ik} l_{jk} \right] \Big/ l_{jj} & \text{pentru } i \geqslant j, \end{cases} \tag{14}$$

y_{ij} fiind elemente ale matricei Y.

Vom scrie atunci :

$$Y\,E = L\,L^T E = I \tag{15}$$

şi, notînd

$$L^T E = H, \tag{16}$$

vom obţine

$$L\,H = I. \tag{17}$$

Cunoscîndu-se vectorul I, rezultă din (17) matricea H şi din (16) vectorul E.

Matricea impedanţelor proprii şi de transfer se va scrie :

$$Z = Y^{-1} = (M^T)^{-1}\,[(M^T)^{-1}]\,T = L^{-1}\,(L^{-1})^T. \tag{13'}$$

3.2. *Partiţionarea*

Este o metodă care permite reducerea gradului de dificultate a problemelor care conţin inversarea matricei Y prin reducerea cu mult a dimensiunilor matricelor ce trebuie inversate.

Fie

$$Y = \left[\begin{array}{c:c} Y_{11} & Y_{12} \\ \hline Y_{21} & Y_{22} \end{array}\right] \tag{18}$$

şi fie

$$Z = Y^{-1} = \left[\begin{array}{c:c} Z_{11} & Z_{12} \\ \hline Z_{21} & Z_{22} \end{array}\right] \tag{18'}$$

inversa matricei Y. În ,,algebra liniară'' se demonstrează relaţiile

$$\begin{aligned} Z_{11} &= (Y_{11} - Y_{12} - Y_{22}^{-1}\,Y_{21})^{-1}\,; \\ Z_{12} &= -\,Z_{11}\,Y_{12}\,Y_{22}^{-1}\,; \\ Z_{21} &= -\,Y_{22}^{-1}\,Y_{21}\,Z_{11}\,; \\ Z_{22} &= Y_{22}^{-1} + Y_{22}^{-1}\,Y_{21}\,Z_{11}\,Y_{12}\,Y_{22}^{-1}\,; \end{aligned} \tag{19}$$

singura condiţie impusă fiind nesingularitatea matricei Y_{22}.

4. Metode de reducere utilizate în calculul regimurilor staţionare ale sistemelor electroenergetice

Binecunoscută cercetătorilor familiarizaţi cu ,,analiza nodală'' a sistemelor electroenergetice, metoda de reducere care conduce la determinarea echivalenţilor REI oferă posibilitatea rezolvării unei clase largi de probleme şi a unei analize fine a regimurilor sistemelor electroenergetice [2], [4], [5]. Studiul regimurilor staţionare prin iterarea curenţilor de scurtcircuit [1], [3], oferă, în plus, informaţii utile pentru studiul altor tipuri de regimuri, precum şi elemente de construcţie a echivalenţilor REI.

O metodă aparţinînd aceleiaşi familii în care se încadrează metoda românească a ,,iteraţiei curenţilor de scurtcircuit'' este metoda ,,echivalentului Daisy'', echivalent pe structură identică cu echivalentul final REI al ,,analizei nodale'' [31].

Cele două căi de studiu al sistemelor electroenergetice pe matrice reduse sînt prezentate în detaliu în lucrările [1], [2], [3], [31].

O altă metodă de reducere utilizată în studiul sistemelor electroenergetice este ,,metoda de eliminare'' a lui Van Ness.

Plecînd de la ecuaţiile nodale ale reţelei :

$$\underline{I}_k = \sum_{m=1}^{N} \underline{Y}_{km}\,\underline{E}_m, \tag{20}$$

$$\underline{S}_k = P_k + jQ_k = \sum_{m=1}^{N} E_m\,Y_{km}\,E_k\,\mathrm{e}^{j(\delta_k - \delta_m - \theta_{km})} \tag{21}$$

prin diferenţierea totală a ecuaţiei (21) şi trecerea la mărimi finite, identificînd părţile reală şi imaginară, rezultă :

$$\left[\begin{array}{c} \Delta P \\ \hdashline \Delta Q \end{array}\right] = \left[\begin{array}{c:c} H & N \\ \hdashline J & L \end{array}\right] \left[\begin{array}{c} \Delta\delta \\ \hdashline \Delta E \end{array}\right] \tag{22}$$

elementele submatricelor H, N, J, L fiind coeficienţii daţi de :

$$\begin{aligned} H_{km} &= a_m f_k - b_m e_k & J_{km} &= -\,a_m e_k - b_m f_k \\ N_{km} &= \frac{a_m e_k + b_m f_k}{E_m} & L_{km} &= \frac{a_m f_k - b_m e_k}{E_m} \\ H_{kk} &= -\,Q_k - B_{kk} E_k^2 & J_{kk} &= P_k - G_{kk} E_k^2 \\ N_{kk} &= \frac{P_K}{E_K} + G_{kk} E_k & L_{kk} &= \frac{Q_K}{E_k} - B_{kk} E_k \end{aligned} \tag{23}$$

Ecuaţia matriceală (22) pune în evidenţă legătura dintre abaterile puterilor active şi reactive din noduri cu abaterile în unghi şi modul ale tensiunilor nodale. În scopul determinării vectorului $[\Delta\delta \vdots \Delta E]^T$, cunoscînd vectorul $[\Delta P \vdots \Delta Q]^T$, J. Van Ness foloseşte metoda eliminărilor Gauss [17], ceea ce, după cum specifică A.H.El-Abiad şi G. W. Stagg în ,,Discuţii'' (la [18]), echivalează cu inversarea unei matrice.

Pentru scrierea ecuaţiilor (22) se vor avea în vedere următoarele considerente :

— în nodul de balans, tensiunea este fixată în modul şi argument ;

— în nodurile generatoare sînt fixate modulele tensiunilor şi puterile active ;

— în nodurile consumatoare sînt fixate puterile aparente injectate.

Asigurîndu-se valori iniţiale arbitrare modulelor şi argumentelor tensiunilor nodale, se vor calcula, ca în metodele iterative, puterile active şi reactive, după care, prin comparare cu condiţiile din noduri, se vor calcula corecţiile P şi Q precum şi elementele matricelor H, N, J, L. Se rezolvă exact prin metoda eliminării sistemul (22), găsindu-se mărimile ΔE şi $\Delta\delta$, cu care se fac corecţiile corespunzătoare. Matricea sistemului (22) se va modifica la fiecare pas al procesului de calcul. Dificultatea principală pe care o ridică metoda lui Van Ness este suprasolicitarea memoriei calculatorului, datorită numărului mare de cuvinte necesar a fi folosite la fiecare pas al procesului de calcul. Un rezultat interesant este acela că numărul de paşi de eliminare este independent de complexitatea sistemului studiat, metoda permiţînd, în plus, studiul sistemelor cu reactanţe negative [17], [18].

5. Metode hibride

Cîştigă din ce în ce mai mult teren metodele utilizînd matrice hibride, în a căror scriere se pleacă de la observaţia că nodurile sistemului electroenergetic sînt diferenţiate din punctul de vedere al necunoscutelor [8], [15], [16].

În această categorie poate fi inclusă metoda propusă recent de dr. ing. E. Arie, care comportă scrierea matricei admitanţelor de transfer ale buclelor printr-o metodă originală de sinteză şi, apoi, determinarea directă a variaţiei curenţilor ramurilor reţelei pentru o variaţie a curenţilor injectaţi sau pentru o variaţie a tensiunilor perechilor de noduri generatoare [7].

Cercetătorii care au studiat metodele hibride afirmă că acestea sînt mai convergente decît cele expuse anterior, în cazul în care numărul de noduri în care se reglează tensiunea este suficient de mare şi, în plus, programarea lor nu ridică dificultăţi prea mari.

6. Considerarea transformatoarelor cu raport de transformare complex

Atît timp cît mărimile intervenind în calculul regimurilor sînt estimate în unităţi relative, iar rapoartele de transformare sînt numere reale, existenţa transformatoarelor în reţeaua sistemului electroenergetic nu pune probleme speciale de calcul.

Introducerea transformatoarelor de unghi, cu raport de transformare complex, ridică probleme delicate, a căror consecinţă formală este pierderea simetriei matricei admitanţelor (impedanţelor) nodale ale reţelei.

Fie :

$$I_t = Y E_t \tag{24}$$

ecuaţia matriceală care descrie funcţionarea unui transformator cu două înfăşurări (fig. 1), indicele inferior t arătînd că mărimile sînt raportate la tensiunea nominală a înfăşurării respective a transformatorului.

Fie

$$T = \begin{bmatrix} t_i & 0 & 0 \\ 0 & t_k e^{j\alpha_k} & 0 \\ 0 & 0 & t_m e^{j\alpha_m} \end{bmatrix} \tag{25}$$

o matrice de transformare, astfel încît

$$I = T\, I_t \quad \text{şi} \quad E_t = T^*\, E, \tag{26}$$

unde I şi E sînt vectori ale căror componente sînt mărimi raportate la tensiunea nominală a reţelei, matricea T fiind de fapt submatricea corespunzătoare primelor două linii şi coloane ale matricei T din (25).

Cu

$$\underline{Y}_{ik} = \underline{S}_n/(e_r + je_x), \tag{27}$$

e_r şi e_x fiind căderi de tensiune exprimate în unităţi relative [30], şi

$$\underline{Y}_q = \frac{1}{2}\left(P_{fe} - j\,\frac{I_0}{I_n}\,\underline{S}_n\right), \tag{27'}$$

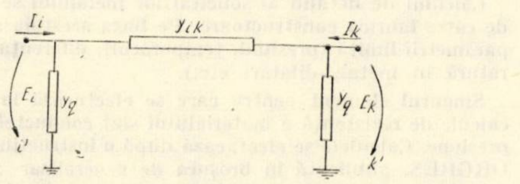


Fig. 1. Reprezentarea transformatorului cu două înfăşurări prin schema în π.

mărimile $\underline{Y}_{ik}$ şi $\underline{Y}_q$ fiind raportate la tensiunea nominală a transformatorului.

Scriind

$$\underline{Y} = \begin{bmatrix} \underline{Y}_{ik} + \underline{Y}_q & -\underline{Y}_{ik} \\ -\underline{Y}_{ik} & \underline{Y}_{ik} + \underline{Y}_q \end{bmatrix}$$

şi cu transformarea

$$I = T\, Y\, T^*\, E, \tag{28}$$

rezultă [30] :

$$I = Y'\, E \tag{28'}$$

unde

$$Y' = \begin{bmatrix} t_i^2\,(\underline{Y}_{ik} + \underline{Y}_q) & -\,t_i\,t_k\,\underline{Y}_{ik}\,e^{-j\alpha_k} \\ -\,t_i\,t_k\,\underline{Y}_{ik}\,e^{j\alpha_k} & t_k^2(\underline{Y}_{ik} + \underline{Y}_q) \end{bmatrix} \tag{29}$$

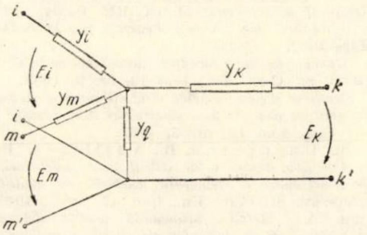


Fig. 2. Reprezentarea transformatorului cu trei înfăşurări.

Pentru transformatoarele cu trei înfăşurări (fig. 2), H. Dommel propune rezolvarea sistemului (28′) în care [30] :

$$Y' =$$

$$= \begin{bmatrix} t_i(t_i - g_i)\,\underline{Y}_i & -t_k g_i e^{-j\alpha_k}\,\underline{Y}_k & -t_m g_i e^{-j\alpha_m}\,\underline{Y}_m \\ -t_i g_k e^{j\alpha_k}\,\underline{Y}_i & t_k(t_k - g_k)\,\underline{Y}_k & -t_m g_k e^{-j(\alpha_m - \alpha_k)}\,\underline{Y}_m \\ -t_i g_m e^{j\alpha_m}\,\underline{Y}_i & -t_k g_m e^{j(\alpha_m - \alpha_k)}\,\underline{Y}_k & t_m\,(t_m - g_m)\,\underline{Y}_m \end{bmatrix} \tag{29'}$$

$$\underline{g}_i = \underline{t}_i\,\underline{Y}_i/(\underline{Y}_i + \underline{Y}_k + \underline{Y}_m + \underline{Y}_q) \tag{30}$$

şi, analog, pentru g_k şi g_m, consideraţiile privind unităţile în care au fost exprimate mărimile fiind aceleaşi.

Amănunte detaliate se găsesc în lucrarea lui H. Dommel [30].

Concluzii

Au fost prezentate metode numerice de calcul al regimurilor staţionare ale sistemelor electroenergetice. Dată fiind structura specială a reţelelor acestora, metoda nodală (utilizînd fie matricea admitanţelor nodale, fie matricea impedanţelor proprii şi de transfer, numită şi matricea impedanţelor nodale) este fecundă şi nu poate fi concurată decît în cazuri cu totul particulare.

În ciuda dificultăţilor pe care le reclamă scrierea sa, fie prin construirea pas cu pas, fie prin inversarea matricei admitanţelor nodale, matricea impedanţelor proprii şi de transfer este recomandată de mulţi cercetători, dată fiind rapiditatea deosebită a calculelor.

În realitate, însă, în aprecierea posibilităţilor matricei admitanţelor nodale — a cărei scriere este deosebit de expeditivă, prin simpla inspecţie a grafului reţelei — nu se ţine seamă de consideraţii de natură practică şi care facilitează evident calculul :

— în studiul unui regim se asignează necunoscutelor valori apropiate de cele ce caracterizează regimul studiat, fapt care implică o reducere considerabilă a volumului de calcule iterative ;

— posibilitatea utilizării plajelor de valori [1], [3].

În privinţa procedeelor matematice abordabile în rezolvarea problemei sînt utile următoarele observaţii :

— soluţia se poate obţine numai pe căi iterative ;

— datorită simplicităţii lui, algoritmul Gauss-Seidel s-a impus cu prioritate ;

— metodele de reducere, în special metoda românească a „iteraţiei curenţilor de scurtcircuit", sînt fecunde în anumite studii, ele conţinînd un bogat volum de informaţii.

În încheiere trebuie subliniată contribuţia cercetătorilor români la dezvoltarea metodologiei de calcul al regimurilor staţionare ale sistemelor electroenergetice [1], [2], [3], [7], [8], [9].

Bibliografie

[1] Dimo, P. *Metoda iteraţiei curenţilor de scurtcircuit pentru determinarea simultană a regimurilor, a schemelor REI şi a imaginilor nodale prin calcul numeric.* St. Cerc. En., tom 15, nr. 3, 1965.

[2] Dimo, P. *Les deux concepts figuratifs de l'analyse nodale des réseaux d'énergie.* Rev. Gen. El, Janvier 1967.

[3] Dimo, P. *Solution of power system load-flow problems by iteration of short-circuit currents.* Rev. Roum. Sc. Techn., tom 10, nr. 3, 1965.

[4] Dimo, P. *Simplification of power system load-flow problems through the introduction of a new concept.* CIGRE, Paper 318/1964.

[5] Dimo, P. *L'analyse des réseaux d'énergie par la méthode nodale.* Rev. Gen. El, Mars 1962.

[6] Dimo, P. *Conceptele şi procedeele ,,analizei nodale'' asociată calculatorului numeric.* St. Cerc. En., tom 13, nr. 3, 1963.

[7] Arie, E. *Synthèse d'une matrice d'admittances de transfert des mailles, utilisable à l'analyse des réseaux électriques avec réglage de tension.* Rev. Roum. Sc. Techn., tom 12, nr. 3, 1967.

[8] Ionescu, S., Ungureanu, B., Vasilescu, P. şi Staadecker, M. *Un nou algoritm de calcul pentru determinarea regimurilor staţionare de funcţionare a sistemului energetic cu ajutorul calculatoarelor electronice numerice.* St. Cerc. En., tom. 17, nr. 2, 1967.

9] Petroianu, Al. *Metodă ortogonală pentru determinarea matricei impedanţelor proprii şi de transfer ale reţelelor electrice, folosind calculatoarele electronice cifrice.* St. Cerc. En. tom 17, nr. 2, 1967.

[10] Petroianu, Al., Romert, V., Ungureanu, B. şi Zamfirescu, I. *Rezultate obţinute în R. P. R. privind calculul regimurilor staţionare de funcţionare a sistemului energetic cu ajutorul calculatoarelor electronice numerice.* St. Cerc. En., tom 14, nr. 1, 1964.

[11] Seshu, S. şi Reed, M. B. *Linear graphs and electrical networks.* John Wiley & Sons, New York, 1961.

[12] Kron, G. *Tensor analysis of networks.* John Wiley & Sons, New York, 1939.

[13] Van Mele, R. *Méthode itérative accélérée appliquée au calcul des réseaux électriques.* Rev. E. Suppl. Bull. Soc. Royale Belge El., tom 4, nr. 5, 1964.

[14] Gaussens, P., Pardigon, J. şi Auges, P. *L'évolution des méthodes de calcul des réseaux maillés liée à l'utilisation des machines arithmétiques.* Bull. Soc. Franc. El, nr. 67, 1956.

[15] Laughton, M. A. şi Davies Humphrey, M. W. *Numerical techniques in solution of power system load-flow problems.* Proc. IEE, nr. 9, 1964.

[16] Brown, H. E., Carter, G. K. şi Happ, H. H. *Power flow solution by impedance matrix iterativ method.* Pow. App. Syst., April 1963.

[17] Van Ness, J. E. şi Griffin, J. H. *Elimination method for load-flow studies.* Pow. App. Syst., June 1961.

[18] Van Ness, J. E. *Iteration method for digital load-flow studies.* Pow. App. Syst. nr. 43, 1959.

[19] Baumann, R., Boll, G., Schneider, W. şi Vorbach, A. *Résultats expérimentaux de l'emploi des calculatrices électroniques à la conception et à l'exploitation optimale des réseaux électriques.* CIGRE, Rapp. 309/1962.

[20] Van Mele, R. şi Marique, C. *Progrès réalisés en Belgique dans les études des réseaux.* CIGRE, Rapp. 316/1962.

[21] Gaussens, P., Pardigon, J. M., Carpentier, J., Auges, P., Mestres, C. şi Siroux, P. *Applications des calculatrices électroniques à l'étude et à l'exploitation des réseaux de transport d'énergie.* CIGRE, Rapp. 327/1964.

[22] Carteron, M. J. *Calcul arithmétique des réseaux maillés et de leurs pertes.* Bull. Soc. Franc. El., nr. 67, 1956.

[23] Hale, H. W. şi Goodrich, R. W. *Digital computation of power flow. Some new aspects.* Pow. App. Syst., October 1959.

[24] Brown, R. J. şi Tinney, W. F. *Digital solution for large power networks.* AIEE Transactions, vol. 76, part. III, p. 347−351.

[25] Glimm, A. F. şi Stagg, G. W. *Automatic calculation of load flows.* AIEE Transactions, vol. 76, part. III, p. 817−825.

[26] Fairman, J. F. şi Ferguson, W. H. *Applications guide for digital computer studies.* AIEE Paper D. P. 62−892.

[27] Harder, E. L. şi Baldin, C. J. *Programs for power system computing.* Westinghouse Engineer, May 1963.

[28] Carre, B. A. *The determination of the optimum acceleration factor for succesive over-relaxation.* Computer Journal nr. 4, 1962.

[29] Wallach, Y. şi Even, R. K. *Application of Newton's method load-flow calculations.* Proc. IEE nr. 3, 1967.

[30] Dommel, H. *Digitale Rechenverfahren für elektrische Netze.* Archiv für Elektrotechnik, 48 Band, 1963, erstes Heft.

[31] Read, M. B., Read, A., Mc Kinley, Polk, H., Hugo, V. şi Martin, C. *A digital approach to power systems.* Pow. App. Syst., June 1961.

(Articol intrat în redacţie la 20 iulie 1967)

ENERGETICA peste hotare

Aspecte privind pornirea turbinelor cu abur în U.R.S.S.

Ing. D. Golici*)

I. Aspecte generale

În U.R.S.S. stabilirea regimurilor şi condiţiilor de pornire a turbinelor cu abur se face de către ORGRES, în colaborare cu fabrica constructoare.

În cadrul parametrilor-limită impuşi de constructor (temperaturi maxime, diferenţe de temperaturi în metal, viteze de încălzire, dilatări etc.), se fac încercări de lungă durată şi de amploare la 3−5 unităţi capete de serie ale tipului respectiv. Pe baza încercărilor se elaborează instrucţiunile de pornire pentru tipul de turbină dat.

Sistemul energetic al U.R.S.S. nu necesită porniri rapide ale unităţilor termoenergetice cu abur şi deci nici utilajul termoenergetic nu este conceput în acest scop.

În ceea ce priveşte turbinele de termoficare de tip VPT şi PVR, nu poate fi vorba de porniri rapide, deoarece, funcţional, aceste tipuri sînt concepute pentru o funcţionare în regim de bază legat de consumatorul termic.

Turbinele de condensaţie (PVK), nefiind solicitate de sistemul energetic ca grupuri de vîrf, nu sînt pornite des şi funcţionează în regim de bază sau semibază, regim pentru care sînt şi concepute ca tip constructiv.

Regimurile de pornire stabilite de ORGRES corespund deci regimurilor optime (raţionale).

În cele ce urmează se prezintă aspecte şi probleme mai importante ridicate de pornirea raţională a turbinelor cu abur, şi în mod special a acelor tipuri care au fost importate şi se importă în continuare în ţara noastră (VPT−50−3(4); PVK 150 şi 200 MW).

II. Determinarea solicitărilor în carcasa turbinei

Calculul de detaliu al solicitărilor metalului se efectuează de către fabrica constructoare. Pe baza acestuia se stabilesc parametrii-limită (presiuni, temperaturi, diferenţa de temperatură în metal, dilatări etc.).

Singurul element pentru care se efectuează la ORGRES calcule de rezistenţă a materialului sînt conductele de înaltă presiune. Calculele se efectuează după o instrucţiune internă ORGRES, publicată în broşura de generalizare: ,,Izucenie uslovii ekspluataţii austenitnîh paroprovodov'' de E. S. Zaharov şi S. V. Folkovski.

Pentru aprecierea eforturilor ce apar în diferite părţi ale carcasei (în mod special în planul treptei de reglare) la regimuri variabile de exploatare, se pot folosi formulele de calcul pentru cilindru sau sferă, funcţie de configuraţia detaliului ce se verifică. Cele mai frecvente asimilări sînt cu cilindrul.

Astfel se determină solicitările datorită presiunii şi temperaturii pe direcţia axială, tangenţială şi radială:

σ_a — solicitare în direcţia axială, kg/mm^2;

σ_τ — solicitare în direcţia tangenţială, kg/mm^2;

σ_r — solicitare în direcţia radială, kg/mm^2.

---

*) Dan Golici este şef sector cercetare la ICENERG.

Cu aceste solicitări se verifică condiţia de solicitare admisă :

$$\frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{(\sigma_a-\sigma_\tau)^2+(\sigma_\tau-\sigma_r)^2+(\sigma_r-\sigma_a)^2}\leqslant\sigma_{adm}.$$

1. *Solicitări în cilindru datorită presiunii*

Efortul axial datorită presiunii σ_a^p este constant pe grosimea peretelui cilindrului şi pozitiv.

Efortul tangenţial σ_τ^p este variabil pe grosimea peretelui şi pozitiv.

Efortul radial σ_r^p este variabil cu semn negativ în interiorul cilindrului şi nul la suprafaţa exterioară.

Notînd cu R_1 şi R_2 razele interioară şi exterioară a cilindrului, cu $K=\frac{R_1}{R_2}$ şi cu p presiunea în interiorul cilindrului, eforturile specifice se pot scrie sub forma :

— în peretele interior :

$$\sigma_a^p=\frac{pk^2}{1-k^2}$$

$$\sigma_\tau^p=2\sigma_a^p+p$$

$$\sigma_r^p=-p$$

— în peretele exterior :

$$\sigma_a^p=\frac{pk^2}{1-k^2}$$

$$\sigma_\tau^p=2\sigma_a^p$$

$$\sigma_r^p=0.$$

2. *Solicitări datorită diferenţei de temperatură pe peretele carcasei*

Se admite o variaţie parabolică a temperaturii în grosimea peretelui după ecuaţia $\frac{1}{3}x^2$.

Această lege a fost verificată experimental de către ORGRES, rezultatele experimentale suprapunîndu-se foarte bine peste curba preliminată.

Solicitarea care apare într-un punct din interiorul peretelui, avînd $t>t_{mediu}$ se calculează cu formula lui Pahl :

$$\sigma^t=-\frac{\alpha E}{1-\nu}(t-t_m)\ [\mathrm{kgf/mm^2}],$$

unde

α este coeficientul de dilatare liniară, grd $^{-1}$;
E — modulul de elasticitate, kgf/mm^2;
ν — coeficientul lui Poisson (0,3);
t_m — temperatura medie a peretelui.

Solicitarea în sens axial şi tangenţial fiind aceeaşi, $\sigma_a^t=\sigma_\tau^t$, şi notînd cu δt diferenţa de temperatură dintre cele două feţe ale carcasei, se obţine :

— la încălzire :

$$\text{pe faţa interioară : } \sigma_i^t=-\frac{2}{3}\frac{\alpha E}{1-\nu}\delta t$$

$$\text{pe faţa exterioară : } \sigma_e^t=\frac{1}{3}\frac{\alpha E}{1-\nu}\delta t$$

— la răcire :

$$\text{pe faţa interioară : } \sigma_i^t=\frac{2}{3}\frac{\alpha E}{1-\nu}\delta t$$

$$\text{pe faţa exterioară } \sigma_e^t=-\frac{1}{3}\frac{\alpha E}{1-\nu}\delta t.$$

Diferenţa de temperatură δt poate fi exprimată în funcţie de viteza de încălzire a metalului (ω) :

$$\delta t=\frac{R_2^2}{4a}\omega(k^2-1-2\ln k)\ [°\mathrm{C}],$$

unde

$$K=\frac{R_1}{R_2}$$

a este coeficientul de propagare a temperaturii, m^2/h;
ω — viteza de creştere a temperaturii metalului, °C/min; iar

$$a=\frac{\lambda}{c\cdot\gamma},$$

unde

λ este coeficientul de conducţie liniară, kcal/m·h·°C;
c — căldura specifică, kcal/kg.°C;
γ — greutatea specifică, kg/m^3.

Pentru aprecierea deformării carcasei se determină săgeata acesteia cu relaţia :

$$y=\frac{\Delta t\cdot\beta\cdot L^2}{\gamma R}\ [\mathrm{mm}],$$

unde

Δt este diferenţa de temperatură între generatoarea superioară şi cea inferioară a carcasei;
β — coeficientul de dilatare liniară;
L — lungimea cilindrului;
R — raza medie a carcasei (cilindrului).

III. Parametri şi condiţii-limită în timpul pornirii

1. *Turbina VPT—50—3*

a) Turbina se consideră în stare rece dacă temperatura metalului la partea inferioară a corpului de înaltă presiune în secţiunea treptei de reglaj este sub 200°C.

Turbina se consideră în stare caldă dacă temperatura la partea inferioară a corpului de înaltă presiune în secţiunea treptei de reglaj este peste 200°C, iar diferenţa de temperatură a metalului între generatoarea superioară şi inferioară (sus-jos) a corpului de înaltă presiune este mai mică de 35°C.

b) Pornirea se face cu abur de presiune nominală 120—134 at sau cu abur de presiune scăzută de 30—40 at.

c) Încălzirea turbinei la turaţia de 400—500 rot/min se face :

15—20 minute la pornirea din stare rece;
10—15 minute la pornirea din stare caldă.

La încălzire, diferenţele de temperatură ale carcasei corpului de înaltă presiune, în zona treptei de reglaj, nu trebuie să depăşească :

— între generatoarea superioară şi inferioară 50°C;
— între peretele cilindrului şi flanşă 15°C;
— între flanşă şi bulon 20°C.

Dilatarea relativă a rotoarelor corpului de înaltă şi joasă presiune nu trebuie să depăşească 2,5—2,8 mm.

d) La sfîrşitul perioadei de încălzire a turbinei, cu turaţia de 400—500 rot/min, dilatarea absolută a turbinei trebuie să fie :

— la pornirea din stare rece : 1,5—2,0 mm la suportul lagărului central şi 3—4 mm la suportul lagărului din faţă;

— la pornirea din stare caldă : 2—3 mm la suportul lagărului central şi 8—10 mm la lagărul din faţă.

e) Cu respectarea condiţiilor anterioare se poate ridica turaţia de la 500 la 1500—1600 rot/min într-un timp de 15 minute.

La acest palier trebuie să rămînă :

20—30 minute la pornirea de la rece;
10—15 minute la pornirea de la cald.

f) Cînd dilatarea relativă a corpului de înaltă presiune atinge 0,5—1 mm, se admite abur pentru încălzirea flanşelor şi buloanelor.

Diferența de temperatură între flanșe (stîngă-dreaptă) la ambele jumătăți (inferioară și superioară) nu trebuie să depășească 5°C.

g) La finele perioadei de încălzire cu turația de 1500—1600 rot/min, cînd dilatarea termică a turbinei atinge 8—10 mm la pornirea de la rece și 10—12 mm la pornirea de la cald, se ridică turația :

— la pornirea de la rece : la 2300—2400 rot/min, cu o viteză de 100 rot/min ; se încălzește apoi turbina 30 min și se ridică turația la nominal ;

— la pornirea de la cald : se ridică turația continuu timp de 25 min, pînă la 3000 rot/min.

h) Turbina se menține la mers în gol pînă cînd partea inferioară a cilindrului corpului de înaltă presiune în zona treptei de reglaj atinge temperatura de 200 —210°C.

i) După sincronizarea generatorului, la o sarcină de 3—5 MW și cu respectarea parametrilor-limită, se oprește încălzirea flanșelor și buloanelor.

j) La sarcina de 3—5 MW se rămîne pînă cînd temperatura în partea inferioară a corpului de înaltă presiune crește peste 340—350°C la pornirea din stare rece și peste 300°C la pornirea din stare caldă. Creșterea sarcinii la 15—20 MW se face cu o viteză de 0,5 MW/min și se rămîne la această sarcină o oră.

k) La pornirea din stare caldă, temperatura aburului trebuie să fie mai mare cu 30—50°C decît temperatura metalului corpului de înaltă presiune în zona treptei de reglaj.

l) Încălzirea conductelor de abur viu :

— viteza de creștere a presiunii : pînă la 2 at/min ;

— viteza de creștere a temperaturii : pînă la 3°/min.

Încălzirea conductei se consideră terminată și se poate porni turbina cînd presiunea este peste 30—40 at, iar temperatura peste 350—400°C la pornirea de la rece și la schemă-bloc.

La schema cu magistrală comună de abur viu, încălzirea inițială se face la o presiune de 3—5 ata timp de 15—20 minute, după care se ridică parametrii continuu pînă la 120—134 ata și 400—450°C.

2. *Turbina de 150 MW (K-160-130)*

La acest tip de turbină rămîn valabili parametrii-limită dați de constructor pentru turbina de 150 MW (K—160—130) a CTE Paroșeni, în instrucțiunile de exploatare a turbinei.

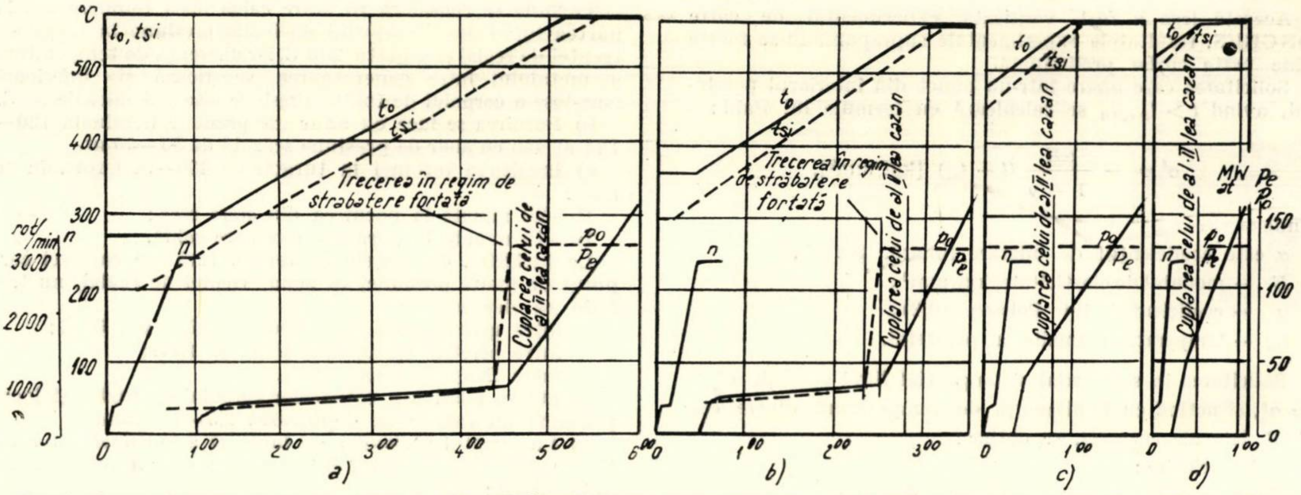


Fig. 1. Graficul de pornire a blocului de 150 MW (turbina K—160—130, 2 cazane PK—38) pentru diferite stări termice inițiale ale turbinei :

n — turația ; t_0 — temperatura aburului viu ; t_{si} — temperatura aburului supraîncălzit intermediar ; p_0 — presiunea aburului viu ; P_e — puterea electrică a generatorului.

3. *Turbina de 200 MW (K—200—130)*

a) Diferența de temperatură între generatoarea superioară și inferioară a corpului de înaltă presiune și corpului de medie presiune în zona supapelor de reglaj să nu depășească 50°C.

b) Diferența de temperatură pe lățimea flanșei corpului de înaltă presiune între bulonul II și III poate varia de la +60°C la —50°C.

c) La fel între bulonul V și VI, cu încălzirea flanșei și buloanelor în funcțiune, de la 0°C la +60°C, iar fără încălzirea flanșei și buloanelor diferența de temperatură poate atinge +110°C.

d) Diferența de temperatură între flanșe și bulon cu încălzirea în funcțiune trebuie să fie între 0 și +20°C, iar fără încălzire în funcțiune pînă la +35°C.

e) Dilatări relative ale rotoarelor :

— la înaltă presiune : de la —1,0 pînă la +3,5 mm ;

— la medie presiune : de la —1,2 pînă la +3,5 mm ;

— la joasă presiune : de la —2,5 pînă la +4,5 mm.

f) Viteza de încălzire a metalului :

— la corpul de înaltă presiune și corpul de medie presiune : pînă la 3°C/min ;

— la conducte : pînă la 5°C/min.

g) La sarcina nominală, dilatarea cilindrilor pe indicatorul lagărului din față să nu depășească 25 mm, iar la lagărul intermediar 14,5 mm.

IV. Grafice de pornire

În general graficele primite o dată cu documentația turbinelor importate de țara noastră din U.R.S.S., care sînt stabilite de către ORGRES, sînt cele după care se exploatează aceste agregate și în U.R.S.S.

a) Grupurile de tip VPT—50 nu mai fac obiectul cercetărilor și raționalizărilor, considerîndu-se că au fost aduse la un plafon tehnic maxim realizabil cu acest utilaj. Astfel noile instrucțiuni de exploatare primite pentru grupurile VPT—50 de la Brazi și Borzești conțin toate recomandările de exploatare și pornire efectuate în U.R.S.S., inclusiv graficele de pornire optimă pentru diverse situații.

b) Grupurile de tip K—160—130 au făcut în ultimul timp obiectul multor lucrări de punere la punct, și la acestea se consideră că graficele primite la CTE Paroșeni pentru blocul 4 reprezintă sinteza lucrărilor de pornire rațională (optimă) efectuate în U.R.S.S. Ca orientare suplimentară se prezintă grafice de pornire pentru diverse situații valabile pentru funcționarea bloc cu două cazane PK-38.

b.1) Temperatura aburului primar : $t_0 = 275°C$ (fig. 1*a*)
Presiunea aburului primar : $p_0 = 30$ ata.
Temperatura aburului supraîncălzit intermediar: $t_{si} = 200°C$.

Ridicarea turației se face într-o oră.

Funcționarea la sarcină 20—30 MW : 3,5 ore, după care se crește sarcina continuu în 1,5 ore pînă la nominal.

Total perioadă de pornire : 6 ore.

b.2) $t_0 = 375°C$; $p_0 = 40$ ata ; $t_{si} = 300°C$ (fig. 1 *b*).
Ridicarea turației : în 45 minute.

Funcționarea la sarcină de 25—35 MW timp de 2 ore și creșterea continuă a sarcinii la nominal : în 1 oră 20 min.

Total perioadă pornire: 3,5 ore.

b.3 $t_0 = 480^0C$; $p_0 = 130$ ata; $t_{si} = 450°C$ (fig. 1c).

Ridicarea turaţiei: în 30 min.

Încărcarea electrică: în 70 min.

Total perioadă pornire: 1 oră 40 min.

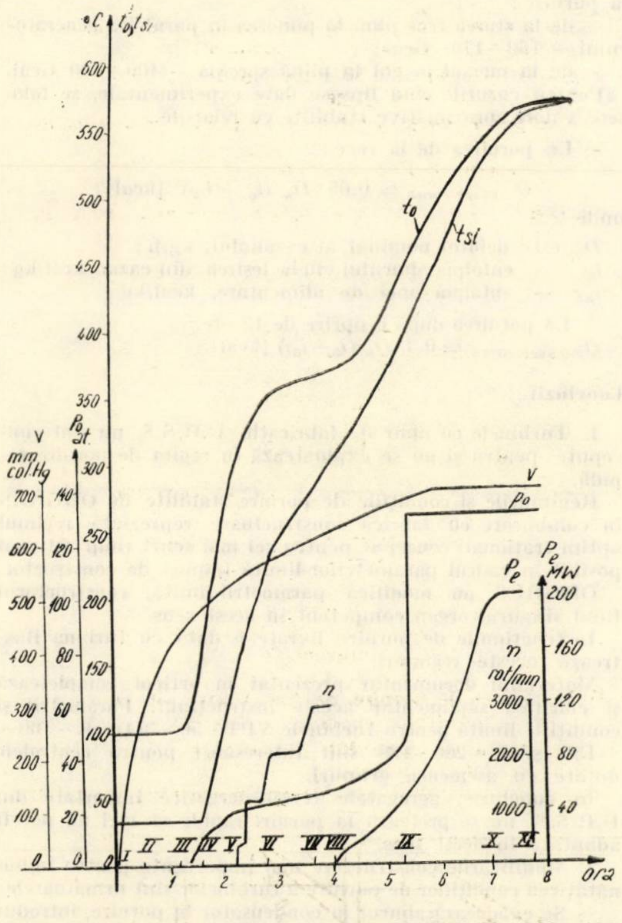


Fig. 2. Graficul de pornire a blocului de 200 MW (K—200—130, PK—33) din stare rece:

I – pornirea ejectorului de pornire; *II* – începerea circulaţiei apei prin cazan (cu debitul 500 t/h); *III* – aprinderea focurilor; *IV* – deschiderea ROU-2; *V* – închiderea ROU-2 (pornirea turbinei); *VI* – începerea încălzirii flanşelor şi buloanelor; *VII* – $n = 3000$ rot/min; *VIII* – cuplarea în paralel; *IX* – trecerea cazanului în regim de circulaţie forţată; *X* – încărcat la sarcină nominală; *XI* – parametrii nominali (terminat pornirea); p_0, t_0 – presiunea şi temperatura aburului viu; t_{si} – temperatura aburului supraîncălzit intermediar; P_e – puterea electrică a generatorului; v – vidul.

b.4) $t_0 = 520°C$; $p_0 = 130$ ata; $t_{si} = 500°C$ (fig. 1 *d*).

Ridicarea turaţiei: în 20 min.

Încărcarea electrică: în 40 min.

Total perioadă pornire: 60 min.

c) Pentru grupurile de tip K—200—130, graficele sînt conţinute în instrucţiunile de exploatare ale grupurilor similare importate pentru Luduş şi Borzeşti.

Pentru schema de funcţionare monobloc cu cazan PK—33, graficul oficializat de ORGRES este următorul:

— Ridicarea turaţiei în 1 oră şi 50 min, după 2 ore şi 10 min de la pornirea ejectoarelor de vid, respectiv începutul operaţiilor de pornire.

— Creşterea sarcinii după o curbă cvasi-parabolică între ora a 4-a şi a 7-a.

Total durată pornire: 7 ore (fig. 2).

V. Modificări constructive aduse instalaţiilor de turbine pentru îmbunătăţirea condiţiilor de pornire

1. *Instalaţie de evacuare a aburului în condensator la pornire, pentru turbina VPT—50—3*

Instalaţia a fost concepută de ORGRES—LVOV şi, după o serie de încercări, a fost concretizată într-un proiect. Ea a fost aplicată la marea majoritate a turbinelor VPT—50 din U.R.S.S.

Debitul instalaţiei este cel necesar pornirii şi menţinerii la mers în gol a blocului cazan TGM—84 şi turbină VPT—50—3.

Dinaintea ventilelor de linie ale conductelor de abur viu se preia cu racorduri Ø76, unite într-o conductă Ø 108, aburul ce se evacuează la condensator printr-un reductor-răcitor.

Reductorul-răcitor este format din două colectoare concentrice cu găuri; prin cel interior se introduce condensat de răcire, iar între colectoare aburul de pornire. Amestecul redus şi răcit se evacuează în condensator prin găurile colectorului exterior.

Reductorul-răcitor, cu diametrul exterior de 273 mm, este amplasat în partea de sus a condensatorului, deasupra ţevilor, longitudinal (fig. 3).

Execuţia instalaţiei este relativ simplă, iar montarea nu comportă opriri de lungă durată; se poate monta o dată cu reparaţia capitală a grupului.

2. *Încălzirea carcasei inferioare a corpului de înaltă presiune*

Au fost introduse elemente de încălzire cu abur sau electrice la turbinele de tip VK—50 şi VPT—50.

Rezultatele obţinute cu radiatoarele cu abur au fost în general nesatisfăcătoare. Principalul inconvenient este încălzirea inegală a celor două părţi laterale (stînga-dreapta). În acest sens s-a dat un exemplu de exploatare la o turbină VPT-50-3, la care, din cauza defectării manometrului după care se regla debitul de abur, s-a ajuns la neuniformitate de încălzire a carcasei, ceea ce a provocat deformări neadmise ale corpului de înaltă presiune şi frecări ale paletajului.

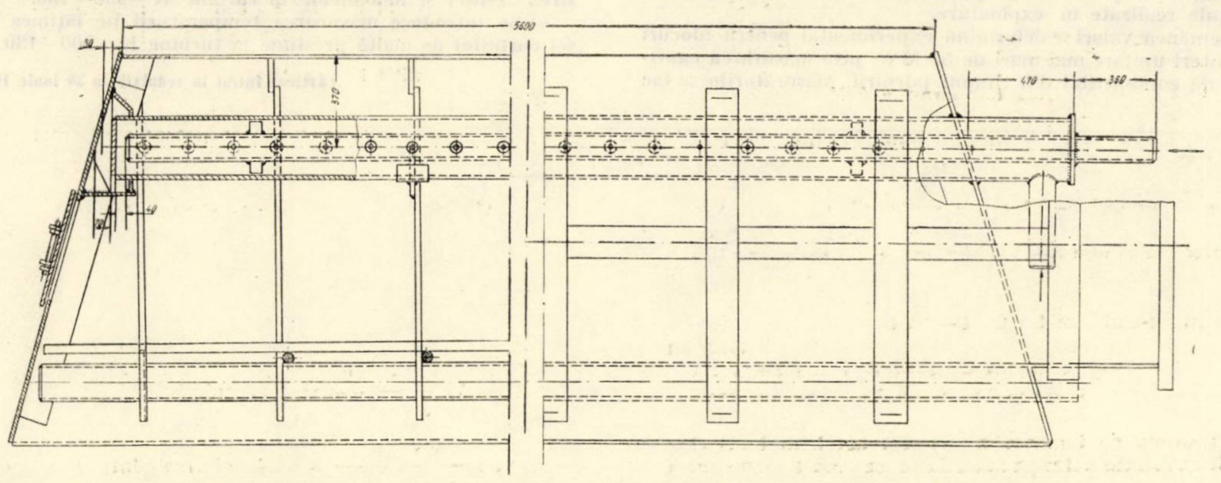


Fig. 3. Instalaţie de reducere-răcire a aburului în condensator pentru turbine VPT—50—3(4).

În continuare s-au preferat radiatoarele electrice, avînd posibilitatea unei alimentări egale și a unui reglaj mai fin. Cu toate acestea, și la acest tip s-au constatat numeroase defecțiuni, în special întreruperi de alimentare cu energie electrică sau scurtcircuite. Defecțiunile nu sînt remediabile în general decît cu prețul unei opriri de lungă durată, deci practic cu ocazia reparației capitale.

O dată cu îmbunătățirea sistemelor de izolație termică, necesitatea radiatoarelor a dispărut.

În prezent nu se mai recomandă asemenea sisteme de încălzire, iar toate tipurile noi de turbină (150, 200, 300 MW) nu sînt prevăzute cu radiatoare.

3. *Propunerea ORGRES pentru încălzirea flanșei și buloanelor la turbina K—160—130*

În scopul intensificării încălzirii carcasei corpului de înaltă presiune la pornire și al simplificării reglajului de abur pentru încălzirea flanșei și buloanelor, se propune alimentarea acesteia din urmă cu abur preluat din cele două carcase (exterioară și interioară) ale corpului de înaltă presiune la capătul dinspre etanșarea de înaltă presiune.

În felul acesta se mărește circulația aburului dintre carcasa exterioară și interioară și cu același abur (de aceeași temperatură) se încălzesc și flanșele și buloanele, ceea ce conduce la uniformitate mai mare de temperatură. Propunerea nu a fost încă aplicată.

4. *Îmbunătățirea încălzirii conductelor dintre supapa automată și ventilele de reglaj la turbina K—160—130*

Drenajele conductelor sînt preluate de la capătul traseului dinspre ventilele de reglaj și s-a mărit diametrul conductei de drenaj de la 10 la 20 mm. Rezultatele din exploatare au fost pozitive.

5. *Urmărirea temperaturii flanșei corpului de înaltă presiune la turbina K—200—130*

Pentru evitarea deformărilor neadmise ale flanșei corpului de înaltă presiune la porniri și opriri se recomandă urmărirea temperaturii metalului pe lățimea flanșei în planul treptei de reglaj.

Aceasta se realizează prin introducerea de termocuple la circa 15 mm de peretele interior al carcasei și la mijlocul flanșei în găuri orizontale date în flanșe.

Gaura se dă la jumătatea înălțimii flanșei (cu Ø 10 mm și apoi cu Ø 8 mm) pînă la o apropiere de 10—15 mm de peretele interior al carcasei. Prin acest orificiu se introduc ambele termocuple.

Se execută patru asemnea orificii : sus, jos, stînga, dreapta.

Temperatura trebuie urmărită cu aparat înregistrator.

VI. Consumuri de căldură la pornirea agregatelor

În general, pentru calcule de normare și verificare a indicatorilor tehnico-economici ai centralelor, consumurile de căldură de la pornirea agregatelor se iau din valorile experimentale realizate în exploatare.

Asemenea valori se determină experimental pentru blocuri cu puteri unitare mai mari de 50 MW, prin măsurarea cantității de combustibil din timpul pornirii. Măsurătorile se fac pentru mai multe porniri și în diferite condiții (de la rece și după opriri de durate diverse) ; pe baza lor se stabilesc cifre medii.

Pentru blocurile de condensație de 150 și 200 MW (K—160—130 ; K—200—130) se dau ca cifre medii de exploatare și ca orientare generală următoarele valori de consum de căldură la pornire :

— de la starea rece pînă la punerea în paralel a generatorului — 150÷170 Gcal ;

— de la mersul în gol la plină sarcină — 400÷500 Gcal.

Pentru cazurile cînd lipsesc date experimentale, se folosesc valori aproximative stabilite cu relațiile :

— La pornirea de la rece :

$$Q_{pornire\ cazan} \simeq 0{,}65\ D_n\ (i_0 - i_{al})\ [\text{kcal}] ;$$

unde

D_n este debitul nominal al cazanului, kg/h ;

i_0 — entalpia aburului viu la ieșirea din cazan, kcal/kg ;

i_{al} — entalpia apei de alimentare, kcal/kg.

— La pornirea după o oprire de 12 ore :

$Q_{pornire\ cazan} \simeq 0{,}3\ D_n\ (i_0 - i_{al})\ [\text{kcal}]$.

Concluzii

1. Turbinele cu abur de fabricație U.R.S.S. nu sînt concepute pentru și nu se exploatează în regim de pornire rapidă.

Regimurile și condițiile de pornire stabilite de ORGRES în colaborare cu fabrica constructoare reprezintă regimul optim (rațional) conceput pentru cel mai scurt timp rațional posibil în cadrul parametrilor-limită impuși de constructor.

ORGRES nu modifică parametrii-limită, constructorul fiind singurul organ competent în acest sens.

Instrucțiunile de pornire livrate o dată cu turbina ilustrează aceste regimuri.

Materialul documentar prezentat în articol completează și clarifică suplimentar aceste instrucțiuni. Parametrii și condițiile-limită pentru turbinele VPT—50—3(4), K—160—130 și K—200—130 sînt interesanți pentru centralele dotate cu asemenea grupuri.

În concluzie, agregatele termoenergetice importate din U.R.S.S. nu se pretează la porniri rapide și nici nu pot fi adaptate în acest sens.

2. Modificările constructive mai importante pentru îmbunătățirea condițiilor de pornire a turbinelor sînt următoarele :

— Se evacuează aburul în condensator la pornire, introdus la toate turbinele VPT—50—3, conform proiectului ORGRES—LVOV.

— Se constată o experiență negativă cu radiatoare pentru încălzirea carcasei inferioare a corpului de înaltă presiune. Se propune, în schimb, o îmbunătățire a izolației, aplicată după metode moderne, în primul rînd la turbine VPT—50—3, și desființarea radiatoarelor.

— Se experimentează propunerea ORGRES pentru încălzirea flanșei și buloanelor la turbine K—160—130.

— Se introduce măsurarea temperaturii pe lățimea flanșei corpului de înaltă presiune la turbine K—200—130.

(Articol intrat în redacție la 30 iunie 1967)

CRONICĂ

Din planul de activitate pe anul 1968 al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor — secția energetică

În planul de activitate pe anul 1968 al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor, secția energetică, sînt prevăzute următoarele acțiuni mai importante:

— *Noi realizări în domeniul perfecționării schemelor și instalațiilor energetice.* Sesiune tehnico-științifică organizată de Ministerul Energiei Electrice și Consiliul Național al Inginerilor și Tehnicienilor, pentru luna mai la București.

— *Reducerea consumurilor specifice de energie în industrie și utilizarea resurselor energetice secundare.* Consfătuire tehnico-științifică organizată de Consiliul Național al Inginerilor și Tehnicienilor, Ministerul Energiei Electrice, Ministerul Industriei Chimice, Ministerul Industriei Petrolului, Ministerul Industriei Metalurgice, Ministerul Industriei Construcției de Mașini și Academia R.S.R., pentru luna noiembrie la București.

— *Supratensiuni și protecția instalațiilor electrice contra supratensiunilor.* Consfătuire tehnico-științifică organizată de Consiliul Național al Inginerilor și Tehnicienilor, Ministerul Energiei Electrice, Ministerul Industriei Construcției de Mașini, Ministerul Învățămîntului și Academia R.S.R., pentru luna octombrie la București.

Instituțiile și întreprinderile interesate vor primi din partea organizatorilor invitațiile și informațiile necesare pentru participarea la aceste acțiuni.

Recomandările consfătuirii tehnice: „Metode și procedee în controlul nedistructiv al instalațiilor și realizarea unui regim corect al apei la cazanele de abur", Craiova 17—18 noiembrie 1967

Participanții la consfătuirea tehnică „Metode și procedee în controlul nedistructiv al instalațiilor și realizarea unui regim corect al apei la cazanele de abur", organizată la Craiova în zilele de 17 și 18 noiembrie 1967 de către Direcția Generală pentru Metrologie, Standarde și Invenții — Inspectoratul de stat pentru cazane și instalații de ridicat, în colaborare cu M.I.C.M., M.I.M., M.I.Ch., M.P., M.C.I.C.R. și M.E.E., examinînd problemele și propunerile care au rezultat din referatele și discuțiile care au avut loc, constată:

În perioada ultimilor ani, ca urmare a Directivelor Congresului al IX-lea al P.C.R. cu privire la ridicarea calității în construcția instalațiilor: cazane de abur, recipiente sub presiune și instalații de ridicat, precum și în exploatarea în condiții de siguranță și eficiență a acestora, s-au înregistrat progrese însemnate, care au adus o contribuție importantă la opera de industrializare a țării noastre în sectorul chimic, energetic, construcții de mașini, siderurgie.

În realizarea acestor progrese, o importanță deosebită o prezintă dezvoltarea controlului nedistructiv al instalațiilor după cum urmează:

— s-a îmbunătățit tehnica radiografică în cadrul laboratoarelor uzinale;

— s-a extins folosirea ultrasunetelor în controlul calității îmbinărilor sudate în cadrul lucrărilor de montaj;

— s-a înființat Comisia de sudură de pe lîngă Academia R.S.România, realizîndu-se o mai bună colaborare între factorii interesați în aceste probleme, precum și o mai rodnică participare a specialiștilor din țară la lucrările Institutului Internațional de Sudură.

Pentru realizarea unui regim de funcționare sigură și eficientă a cazanelor de abur, un rol deosebit îl constituie tratarea corespunzătoare a apei de alimentare a acestora.

În acest domeniu s-au făcut următoarele progrese:

— au fost tipizate cele mai multe utilaje de bază folosite în instalațiile de tratare a apei (reactoare, filtre ionice etc.);

— s-a dezvoltat producția de masă schimbătoare de ioni la Combinatul chimic Victoria și uzinele ICECHIM-Dudești;

— a fost realizat de către IRME un prototip de conductometru de laborator și altul pentru instalații;

— în cadrul uzinelor „Vulcan" s-a amplificat producția de utilaje pentru instalațiile de tratare a apei, pentru centrale mari, iar în cadrul întreprinderii Tehnometal din M.I.U. pentru cazanele mici;

— a luat ființă Centrul de cercetări și proiectări de cazane, care în cadrul sectorului de cercetări se preocupă și de problemele privind regimul apei.

La realizările menționate, o contribuție importantă a avut-o și activitatea ISCIR, prin completarea și revizuirea, pentru aducerea la nivelul tehnicii actuale, a prescripțiilor prin care se reglementează aceste domenii ca: instrucțiuni privind indicii apei de cazan, instrucțiuni pentru stabilirea calității sudurilor pe baza controlului cu radiații, instrucțiuni pentru măsurarea grosimilor cu ultrasunete, standarde privind metode de determinare a indicilor apei etc. S-a efectuat controlul stării tehnice a instalațiilor în timpul construcției, montajului și exploatării, prin utilizarea de către ISCIR de mijloace de control nedistructiv și noi metode pentru determinarea indicilor apei, care au contribuit la dezvoltarea acestora în industrie.

Cu toate realizările importante obținute, se mai fac simțite încă lipsuri atît în domeniul controlului nedistructiv al instalațiilor cît și în domeniul regimului corect al apei la cazanele de abur, cum ar fi:

— nu s-au extins în suficientă măsură metodele de control nedistructiv, în industrie aplicîndu-se aproape exclusiv controlul radiografic;

— mijloacele de control manifestă o rămînere în urmă față de nivelul fabricației de instalații;

— controlul radiografic înregistrează încă unele deficiențe în ce privește tehnica operatorie și modul de interpretare a rezultatelor, în special datorită insuficientei pregătiri a personalului operator;

— mai multe instalații de tratare a apei nu sînt dotate cu elemente de automatizare și cu aparate de măsură și control, fapt care a condus la avarii importante datorate pătrunderii unor impurități în apa de alimentare a cazanelor;

— sortimentul maselor schimbătoare de ioni este insuficient, din care cauză se apelează la importul acestora reprezentînd multe milioane de lei valută;

— unele aparate de control sînt nefolosite sau neîntreținute;

— cazanele cu parametri ridicați se pun în funcțiune fără să se asigure o pregătire corespunzătoare a suprafețelor interioare, fapt care conduce la avarii grave;

— nu este asigurată încă o tratare corespunzătoare a condensatului, în unele centrale, impuritățile aduse de acesta producînd depuneri soldate cu avarii.

Față de lipsurile și greutățile menționate mai sus și în concluzia problemelor examinate, participanții la consfătuire recomandă următoarele măsuri:

A. În domeniul controlului nedistructiv :

1. Ţinînd seamă de volumul de lucrări de control al îmbinărilor sudate la elemente cu grosimi mari, ce urmează a se executa în perioada următorilor 5—6 ani, M.I.C.M., cu sprijinul IFA, va lua măsuri de procurare pînă în 1969 a unui betatron mobil, care să fie pus la dispoziţia întreprinderilor din ramura constructoare de maşini.

2. Pentru asigurarea funcţionării corespunzătoare a aparatelor de control nedistructiv şi eliminarea situaţiei actuale, cînd multe aparate sînt nereparate şi nefolosite, M.I.C.M., M.C.I.C.R., M.E.E. şi D.G.M.S.I. vor prezenta în comun, spre aprobare, pînă la 15 februarie 1968 :

a) organizarea unei secţii care să asigure lucrările de reparare, reglare şi etalonare a aparatelor pentru control nedistructiv ;

b) fabricarea în ţară de etaloane pentru defectoscopie ultrasonică, indicatorii de calitate a imaginii radiografice şi piese pentru tehnica operatorie radiografică.

3. În vederea aplicării corecte a tehnicii radiografice, uzina ,,Vulcan", care are în sarcină revizuirea STAS E 6606—62, în colaborare cu factorii interesaţi, va urmări cuprinderea condiţiilor de tehnică operatorie pentru radiografia îmbinărilor sudate cap la cap prin topire, la elemente din oţel cu grosimi mari, peste 50 mm şi la ţevi cu diametrul de 30—102 mm, la nivelul recomandărilor Institutului internaţional de sudură.

4. În scopul livrării tablei de calitate pentru construcţia de instalaţii sub presiune, pentru a se preîntîmpina pagubele aduse economiei prin folosirea de tablă cu defecte, M.I.M. să doteze combinatul siderurgic ,,Gh. Gheorghiu-Dej — Galaţi" cu aparatul pentru controlul nedistructiv al tablelor în flux, care să fie pus în funcţiune pînă în 1968.

Pînă la 30 iunie 1968, D.G.M.S.I., în colaborare cu factorii interesaţi din cadrul M.I.M., M.I.C.M., M.C.I.C.R., M.E.E., M.I.Ch. şi M.P., va asimila, pe baza normativelor existente, o prescripţie de control ultrasonic a tablelor folosind aparatura existentă.

5. În scopul preîntîmpinării unor avarii la cazanele cu parametri ridicaţi, se va prevedea de către ICEM, care are sarcina de revizuire a STAS 3478—52, obligativitatea controlului nedistructiv al ţevilor de cazan, iar M.I.M. va lua măsuri de a introduce, în cadrul uzinelor producătoare de ţevi, controlul nedistructiv în flux începînd din anul 1969.

6. Pentru ridicarea nivelului calitativ al controlului radiografic şi asigurarea livrării unor produse de calitate, D.G.M.S.I., în colaborare cu M.I.C.M., M.C.I.C.R. şi M.E.E., va lua măsuri ca în 1968 să se realizeze următoarele :

a) stabilirea condiţiilor tehnice pentru importul echipamentului de control radiografic şi materialelor folosite în radiografia industrială (filme, folii, chimicale), pînă la 1 mai ;

b) completarea instrucţiunilor tehnice C 20—65 ale D.G.M.S.I. — I.S.C.I.R. la nivelul recomandărilor Institutului internaţional de sudură, pînă la 1 decembrie.

7. În vederea introducerii metodelor corespunzătoare de control nedistructiv la nivelul progresului tehnic, cerinţă manifestată de participanţii la consfătuire, într-un ritm sporit faţă de realizările pînă în prezent ale I.S.C.I.R. — D.G.M.S.I., împreună cu M.I.C.M., M.C.I.C.R., M.I.M. şi M.E.E., va examina şi va face propuneri pînă la 1 aprilie 1968 de creare a unui organ care să asigure asistenţă tehnică în acest domeniu.

8. Ţinînd seamă de volumul considerabil de lucrări de control prin metode nedistructive, precum şi de faptul că, în cadrul M.I.C.M., principalul beneficiar al acestora, nu există o unitate care să studieze condiţiile de aplicare în industrie a metodelor respective de control, participanţii la consfătuire propun ca în cadrul I.C.T.C.M. să se organizeze un atelier care să rezolve aceste probleme.

9. Participanţii la consfătuire consideră necesar pentru progresul tehnic şi recomandă înscrierea în planul unitar al CNCS a cercetărilor necesare pentru stabilirea influenţei defectelor din îmbinările sudate asupra caracteristicilor mecanice a construcţiilor sudate.

Coordonatorul acestor lucrări să fie Centrul de mecanica solidelor al Academiei R.S. România, iar lucrarea să fie înscrisă în plan începînd din anul 1969.

10. Pentru informarea tehnică a specialiştilor din domeniul controlului nedistructiv, la cererea participanţilor, I.S.C.I.R. va analiza şi va lua măsuri corespunzătoare pentru difuzarea recomandărilor Institutului internaţional de sudură, folosind ,,Buletinul de informare în tehnica supravegherii instalaţiilor sub presiune şi de ridicat".

11. În scopul prevederii în mod corespunzător, la controlul instalaţiilor, a volumului de control nedistructiv, precum şi metodelor de control şi criteriilor de încadrare în clase de calitate a îmbinărilor sudate, — I.S.C.I.R., în colaborare cu C.C.P.C., ICPRţR, I.P.I.P., I.S.P.E., IPROCHIM, I.M.B. şi întreprinderea ,,Energomontaj", va elabora pînă la 30 decembrie 1968 un îndrumător pentru proiectanţi, în acest domeniu.

12. În vederea aplicării corespunzătoare în industrie a metodelor de control nedistructiv, M.I.C.M., în colaborare cu M.E.E., M.C.I.C.R. şi D.G.M.S.I., va elabora, pînă la 1 aprilie 1968, programe de pregătire a operatorilor şi tehnicienilor care lucrează în domeniul controlului nedistructiv pe specialităţi ; pînă la 1 iulie 1968, M.I.C.M., în colaborare cu M.E.E. şi M.C.I.C.R., va organiza în cadrul centrelor şcolare existente cursuri de calificare şi specializare pentru acest personal.

D.G.M.S.I. va interveni la Editura Tehnică pentru a introduce în planul de editare un ,,Îndrumător pentru control nedistructiv", care să fie folosit de operatori şi tehnicieni şi care să apară pînă la 1 iulie 1969.

B. În domeniul regimului apei :

1. În scopul dotării cu aparatură de măsură corespunzătoare a instalaţiilor de tratare a apei se impun următoarele :

a) trecerea la producţia de serie, de către I.R.M.E., a conductometrelor de laborator şi industriale. Termen trim. III/1968 ;

b) asimilarea de către I.R.M.E. de noi tipuri de aparate de măsură şi control pentru laborator, ca : silicometre, pH-metre etc. Termen 1969 ;

c) fabricarea de către F.E.A. a pH-metrelor şi conductometrelor cu scară logaritmică industriale. Termen sem. II 1968 ;

d) elaborarea de către D.G.M.S.I. — I.S.C.I.R. a unui normativ, în colaborare cu factorii interesaţi, privind minimul de aparatură necesară funcţionării în condiţii sigure a instalaţiilor de tratarea apei. Termen sem. I/1968.

2. Pentru îmbunătăţirea calităţii apelor tratate în ceea ce priveşte conţinutul de substanţe organice şi silice coloidală, I.S.P.E. şi IPROCHIM vor întocmi noi tehnologii, care să folosească adjuvanţii de floculare şi răşinile absorbante. Termen trim. II/1968.

3. În vederea pregătirii corespunzătoare a suprafeţelor interioare ale cazanelor de abur, precum şi menţinerii în stare curată a acestora în timpul exploatării şi conservării cazanelor, se impun următoarele :

a) elaborarea de către D.G.M.S.I. — I.S.C.I.R. a unui normativ privind pregătirea, menţinerea şi conservarea suprafeţelor interioare ale cazanelor. Termen trim. II/1968 ;

b) înfiinţarea în cadrul M.E.E. a unui sector dotat corespunzător şi specializat în efectuarea spălărilor chimice la cazane. Termen trim. II/1968 ;

c) întocmirea de către furnizorii străini sau de uzina ,,Vulcan" de proiecte pentru procesele de spălare chimică a cazanelor, atît la punerea în funcţiune cît şi periodic în timpul funcţionării. Permanent, începînd cu trim. I/1968.

4. În vederea ridicării calificării personalului de deservire a instalaţiilor de tratare a apei, M.E.E., M.I.C.H. şi celelalte ministere interesate să înfiinţeze :

a) pe baza prescripţiilor tehnice ale D.G.M.S.I. — I.S.C.I.R. şcoli pentru laboranţii şi operatorii din aceste instalaţii, începînd din trimestrul II/1968 ;

b) completarea în cadrul şcolilor profesionale a programelor de pregătire a personalului destinat întreţinerii şi reparării echipamentului de automatizare, pentru anul şcolar 1968—1969.

5. Pentru economia de valută vest, M.I.Ch. va lua măsuri pentru :

a) cuprinderea în fabricaţie a întregii game de schimbători de ioni necesari consumului intern al instalaţiilor de tratare a apei, încercaţi pe staţii-pilot proprii, cum sînt : cationiţi slab acizi, anioniţi slab bazici etc. ;

b) producerea în ţară a celulozei speciale, necesară filtrelor de aluvionare.

Termen: treptat pînă în trim.IV/1968, pentru ambele măsuri.

6. În vederea îmbunătăţirii sistemului de separare a aburului la cazanele de tipul CR — 12 şi CRO 1—02, C.C.P.C. să întocmească un proiect îmbunătăţit al sistemului de separare. Termen trim. II/1968.

7. În scopul verificării metodelor de control al indicilor apei şi aburului, ISCIR va continua elaborarea de standarde din seria ,,Apă şi abur din instalaţiile de cazane. Metode de determinare''. În 1968 să se elaboreze determinarea substanţelor organice şi suspensiilor.

8. Pentru unificarea metodelor de recepţie a cazanelor din punct de vedere al verificării regimului chimic, D.G.M.S.I. — I.S.C.I.R. va elabora, în colaborare cu factorii interesaţi, un normativ privind metodologia efectuării încercărilor termochimice. Termen trim. II/1968.

9. Completarea instrucţiunilor tehnice C 18—64 ale D.G.M.S.I. — I.S.C.I.R., cu condiţiile tehnice privind calitatea condensatului turbinelor şi tehnologic, pînă în trimestrul IV/1968.

10. În scopul automatizării instalaţiilor de tratare a apei, M.I.C.M. să introducă în fabricaţie armături cu acţionare de la distanţă, inclusiv antiacide, începînd din 1969.

Pentru realizarea măsurilor propuse, care se încadrează în Directivele recentei plenare a Comitetului Central al Partidului Comunist Român, participanţii la această consfătuire şi-au luat angajamentul să depună toate eforturile pentru transpunerea în viaţă a acestor recomandări, contribuind astfel la opera de planificare şi organizare ştiinţifică a producţiei.

Continuă şi se extinde acţiunea de organizare ştiinţifică a producţiei şi a muncii în unităţile Ministerului Energiei Electrice

Analiza problemelor organizării ştiinţifice a producţiei şi a muncii desfăşurată în 1967 în întreprinderile industriale a scos la iveală o serie de rezerve interne, care pot fi valorificate prin realizarea măsurilor stabilite ca urmare a studiilor efectuate. Avînd în vedere aceste rezultate preliminare, această acţiune continuă în anul 1968 în întreprinderile industriale şi se extinde la activitatea de construcţii şi montaj şi activitatea de proiectări din cadrul Ministerului Energiei Electrice.

Recent, prin ordinul M. E. E. nr. 230 din 5.03.1968, s-a aprobat programul de desfăşurare pe 1968 a acestei acţiuni, cît şi colectivele de lucru din cadrul administraţiei centrale a Ministerului.

Prin acest ordin au fost stabilite ca unităţi-etalon pentru desfăşurarea acţiunii următoarele:

a) *În industria energiei electrice şi termice*:
- Întreprinderea electrocentrale Brazi;
- Întreprinderea electrocentrale Paroşeni;
- IRE Argeş.

b) *În ramura construcţii-montaje*:
- Şantierul ICH-Poiana Uzului;
- Şantierul Energomontaj Galaţi;
- Întreprinderea electromontaj Sibiu;
- Şantierul Construcţii-montaj IRE Ploieşti.

Se menţionează că prin ordinul MEE nr. 230/1968, se prevede ca în scopul stimulării elaborării unor studii cu eficienţă economică ridicată şi al generalizării lor, se va organiza în cursul lunii noiembrie a. c. o sesiune ştiinţifică pe minister, în care se vor prezenta, de către salariaţi sau colectivele care au participat la această acţiune, cele mai eficiente studii sau lucrări elaborate.

Pentru recompensarea studiilor şi lucrărilor cu eficienţa economică concretă şi ridicată s-a rezervat o sumă corespunzătoare, din care vor fi premiaţi la finele anului salariaţii care au avut o participare deosebită în realizarea acţiunii.

Dezvoltarea ramurii energiei electrice şi termice

Rezultate provizorii pentru anul 1967

Ramura energiei electrice şi termice s-a încadrat şi în anul 1967 în acţiunea de dezvoltare impetuoasă a economiei naţionale.

După datele provizorii cunoscute la începutul acestui an, rezultă că sarcinile de plan au fost depăşite la toţi indicatorii mai importanţi.

Puterea instalată a centralelor electrice din R. S. România s-a mărit cu peste 700 MW, reprezentînd o creştere de 16,3% faţă de totalul puterii instalate la sfîrşitul anului 1966.

S-au avut în continuare în vedere şi în acest an cerinţele tehnicii moderne şi orientarea dată de conducerea de partid şi de stat de a se instala agregate de puteri unitare mari şi cu parametrii ridicaţi.

Centrala electrică de termoficare Craiova s-a extins cu un grup de 315 MW, cea mai mare unitate termoenergetică instalată şi pusă în funcţiune în ţara noastră pînă în prezent. Centrala termoelectrică Luduş şi-a mărit capacitatea cu 200 MW atingînd astfel puterea finală de 800 MW. La centrala de termoficare Bucureşti-sud a crescut puterea instalată prin punerea în funcţiune a unui grup de 100 MW.

Producţia de energie electrică realizată în anul 1967 pe ţară a fost de 24 766 GWh, marcînd o creştere de 19% faţă de anul 1966 şi de 44% faţă de anul 1965.

Numai sporul producţiei de energie electrică realizat în anul 1967 faţă de anul 1966 depăşeşte întreaga producţie de energie electrică a anului 1954.

Din totalul producţiei de energie electrică realizată în 1967, 94% s-a produs în centralele termoelectrice şi 6% în centralele hidroelectrice.

Centralele electrice ale Ministerului Energiei Electrice au produs 89% din cantitatea totală de energie electrică produsă.

Ritmul anual mediu de creştere a producţiei de energie electrică a fost în perioada 1960—1967 de 18,3%. În primii doi ani ai planului cincinal ritmul mediu anual de creştere a consumului intern de energie electrică (exprimat în unităţi naturale) a fost de 15,9% faţă de 12,6% înregistrat la producţia globală industrială în aceeaşi perioadă.

Sistemul energetic naţinal s-a dezvoltat în 1967 prin construirea şi punerea în funcţiune a noi linii electrice. Reţelele de transport de energie electrică de 220 kV au crescut, faţă de numărul total de km la sfîrşitul anului 1966 cu 53%, iar cele de 110 kV cu 7%. S-au realizat, printre altele, liniile de 220 kV Hunedoara-Timişoara, Bicaz-Borzeşti, Craiova-Bechet.

Mergînd pe linia creării condiţiilor materiale pentru ca electrificarea satelor să fie încheiată în anii 1972—1973, în 1967 s-au electrificat circa 1000 sate, ajungîndu-se astfel ca la sfîrşitul anului 1967 să existe peste 9500 sate electrificate, reprezentînd 62% din numărul total de sate existente în R. S. România.

Sintetizînd rezultatele obţinute în ramura energiei electrice şi termice în anul 1967, este de relevat că în primii doi ani ai planului cincinal, s-a realizat aproximativ jumătate din întreaga putere prevăzută a fi instalată în centralele electrice în toţi cei cinci ani ai perioadei 1966—1970.

De asemenea, producţia de energie electrică a depăşit prevederile planului anual, deşi aceste prevederi erau sporite cu 600 milioane kWh faţă de prevederile iniţiale ale planului cincinal.

Recenzii

Prof. dr. V. A. VENIKOV. **Teoria similitudinii și a modelării aplicată la problemele de electroenergetică.** Editura ,,Vissaia Școla'', 1966, Moscova, 487 p.

Începînd cu cercetarea spontană și terminînd cu cercetarea științifică, rezultatul reflectării constă totdeauna în făurirea unui anumit model. Concluziile teoretice obținute pe baza modelului sînt confruntate cu materialul experimental existent sau cu cel pus la dispoziție prin noi experimente efectuate tocmai în scopul verificării valabilității acestor concluzii. Perfecționarea modelului se realizează printr-un șir nelimitat de aproximații necesare corespunzînd unor confruntări între teorie și experiment.

În sensul cel mai larg, prin modelare se înțelege realizarea printr-un mijloc oarecare, reflectării sau reproducerii realității în vederea examinării legităților obiective existente în ea.

Modelarea poate fi rezultatul prelucrării directe a informației despre legitățile obiective ale realității cînd avem de-a face cu un model matematic sau reflectarea unui sistem denumit ,,original'' printr-un al doilea sistem ,,model'', determinat printr-o anumită asemănare cu ,,originalul''. Reflectarea unui sistem denumit ,,original'' în sistemul ,,model'' se realizează prin intermediul unor dependențe complexe reflectate în relațiile de similitudine.

În situația actuală a dezvoltării științei și tehnicii, metoda modelării, bazată pe teoria similitudinii și a analizei dimensionale, se impune într-o măsură din ce în ce mai mare ca fiind una dintre cele mai eficace metode de investigație științifică. Privită din acest punct de vedere, apariția cărții prof. dr. V. A. Venikov, șeful catedrei de sisteme electrice a Institutului energetic din Moscova, răspunde unei necesități reale de sistematizare a problemelor legate de aplicarea teoriei modelării și similitudinii în electroenergetică.

Prin conținutul ei, cartea se adresează atît studenților facultăților de electroenergetică și electrotehnică, cît și inginerilor și cercetătorilor care în activitatea lor vin în contact cu problemele de modelare a proceselor din instalațiile de producție, transformare și transport al energiei electrice.

Înainte de a intra în expunerea propriu-zisă a materialului, autorul prezintă în introducere o largă și cuprinzătoare expunere a problemelor generale ale modelării. Această parte a cărții atrage atenția prin modul interesant în care se prezintă importanța problemelor de modelare și similitudine, în procesul de cunoaștere a realității, în cercetările tehnico-științifice în etapa actuală, ca și dezvoltarea istorică în acest domeniu. Expunerea este însoțită de exemple numeroase și interesante ale aplicării teoriei modelării și similitudinii în practica de cercetare.

Tot în introducere, autorul propune o clasificare a modelelor care poate fi considerată ca fiind dintre cele mai complete și reușite.

În această clasificare s-a încercat punerea de acord a diferitelor definiții, puncte de vedere, clasificări existente în literatura de specialitate. În funcție de gradul de exactitate și de complexitate a reproducerii procesului studiat, modelarea este clasificată în :

a) completă ;

b) incompletă (parțială, locală, funcțională) ;

c) aproximativă.

Aceste mijloace de realizare ale modelării pot fi împărțite, la rîndul lor, în două grupe de bază : a) ideal teoretică ; b) materială (practică). Modelele ideal-teoretice sînt împărțite în următoarele grupe :

1. modele intuitive ;
2. modele simbolice ;
3. modele matematice.

Modelarea materială a fost clasificată după cum urmează

1. Modelare naturlă :
   - — experiment de producție ;
   - — modelare prin prelucrarea informațiilor despre fenomene și procese ;
   - — modelare prin sinteza experienței de producție.
2. Modelare fizică :
   - — modelare în timp ;
   - — modelare completă ;
   - — modelare geometrică.
3. Modelare matematică :
   - — modelare analogică ;
   - — modelare structurală ;
   - — modelare cifrică ;
   - — modelare cibernetică.

În capitolul I al cărții, autorul expune bazele teoriei similitudinii într-o tratare largă, însoțită de exemple din domeniul fizicii și în special din electrotehnică.

După demonstrarea și ilustrarea celor trei teoreme ale similitudinii se expun o serie de teze complementare, elaborate de autor, referitoare la : similitudinea sistemelor complexe, similitudinea sistemelor neliniare, similitudinea sistemelor anizotrope sau neomogene, condițiile de similitudine ale proceselor fizice fără similitudine geometrică.

Capitolul II al cărții este consacrat expunerii criteriilor practice de similitudine ale diferitelor fenomene electrice. Se examinează problemele generale ale similitudinii circuitelor electrice cu parametrii concentrați (constanți și variabili) și uniform repartizați, precum și a cîmpurilor electromagnetice în medii izotrope și anizotrope. În acest din urmă caz se aplică tezele complementare 4 și 5 din capitolul I, elaborate de autor.

În capitolul III ,,Aplicarea diferitelor aspecte de similitudine și modelare la rezolvarea unor probleme energetice și electrotehnice'' se examinează o serie de exemple concrete privind aplicarea teoremelor similitudinii și a metodelor de modelare care au fost prezentate în capitolele anterioare. Acest capitol, a cărui destinație este facilitarea studiului problemei similitudinii și modelării, are un caracter ilustrativ. În acest capitol se examinează procese termice, mecanice și hidromecanice și de asemnea fenomene corona și de punere la pămînt, din punctul de vedere al teoriei similitudinii. O atenție deosebită se acordă în acest capitol problemelor de similitudine la modelarea mașinilor electrice și la modelarea cîmpurilor electromagnetice.

Se evidențiază subcapitolul dedicat problemei aplicării teoriei similitudinii la rezolvarea problemelor tehnico-economice din energetică și modelării cibernetice și funcționale mai puțin cunoscute cititorilor.

Aplicarea practică a teoriei similitudinii și a modelării necesită evaluarea preciziei metodelor aplicate și simultan îmbunătățirea metodelor de prelucrare a datelor experimentale. Acestor probleme autorul le-a consacrat capitolul IV al cărții, ,,Exactitatea modelării și metodele de prelucrare a experimentelor''. În acet capitol se examinează și problema automodelării și planificarea experimentului.

Capitolul V al lucrării — ,,Modelarea fizică a proceselor care au loc în sistemele energetice (modelare incompletă)'' — examinează problemele generale ale modelării sistemelor energetice complexe în ansamblu și ale elementelor sale separate : motoare primare, mașini electrice, transformatoare, regulatoare de viteză, sisteme de excitație și regulatoare de excitație, linii de transport în curent alternativ și continuu, sarcinile consumatorilor. Se remarcă faptul că pentru majoritatea elementelor sistemului energetic sînt prezentate modele structurale. În acest capitol se face o scurtă prezentare a modelelor electrodinamice existente ale sistemelor energetice.

În capitolul VI — ,,Modelarea matematică a proceselor care au loc în sistemele energetice și în elementele lor (modelare incompletă)'' —se examinează aplicarea calculatoarelor specializate și universale la analiza sistemelor energetice și a instalațiilor sale. Se prezintă diferitele aspecte ale modelării : structurale, analogice, cifrice, matriciale etc. Acest capitol apare astfel ca o completare necesară a celorlalte capitole ale cărții.

În acest capitol, în afară de clasificarea tipurilor de modelare aplicabile la studiul regimurilor sistemului energetic și separat instalațiilor sale, autorul prezintă o serie de considerații referitoare la posibilitățile fiecărui tip de model. Materialul acestui capitol este completat cu exemple care contribuie la clarificarea problemelor teoretice.

În general, un merit incontestabil al autorului este faptul că nu s-a rezumat la o prezentare teoretică a problemelor de deosebită actualitate care fac obiectul acestei cărți, dar s-a străduit — și în majoritatea cazurilor a reușit — ca prin numeroase și adecvate exemple să faciliteze citirea și înțelegerea problemelor expuse.

În cazul în care cititorii doresc să aprofundeze într-o mai mare măsură unele probleme pentru care afectează un interes deosebit, se pot folosi de lista publicațiilor, anexată ca material bibliografic, care cuprinde 84 titluri.

Într-o ediție viitoare a acestei cărți consider că problemei aplicării calculatoarelor electronice cifrice la cercetarea sistemelor energetice ar trebui să i se acorde spațiu mai larg decît în cartea recenzată.

Aceeași observație se poate adăuga și referitor la modelarea cibernetică precum și problemei legăturii între noțiunea de modelare și noțiunea de informație.

Aceste recomandări trebuie înțelese numai în sensul unor deziderate de progres al acestei monografii, de o deosebită valoare teoretică și practică, din a cărei lectură cititorii vor reține indicații prețioase pentru activitatea lor de studii și cercetare.

Dr. ing. **N. Chiriculescu**

Informații tehnice

Industria petroliferă occidentală trebuie să investească pînă în 1980 circa 250 miliarde dolari, pentru ca producția de țiței, care este azi de 1,6 miliarde tone, să crească la 2,5–3 miliarde tone, pentru participarea la acoperirea necesarului de 10 miliarde tone combustibil convențional. În aceste investiții nu sînt cuprinse cheltuielile pentru cercetări geologice și geofizice. Capitalurile mari necesare și posibilitatea redusă de a le găsi pe piață au silit societățile la autofinanțare. În ultimii 15 ani, societățile au reușit să găsească din resurse proprii (beneficii, amortizări etc.) 90% din necesități, care se ridicau la 150 miliarde dolari. Cu toate acestea jumătate din beneficiul net a fost plătit ca dividente, dobînzile variind între 9 și 13%.

(BWK 19, 1967, nr. 12)

La 18 decembrie 1967 a intrat în funcțiune centrala nuclearoelectrică experimentală AVR, de pe terenul instalației de cercetare de la Jülich, cu o putere provizorie de 6 MW, livrînd provizoriu energie în sistemul energetic. La începutul anului 1968 se prevede ca puterea să fie mărită pînă la 15 MW, cît s-a prevăzut în proiect. Prin supraîncălzire nucleară, reactorul de înaltă temperatură AVR atinge parametri ai aburului apropiați de cei ai centralelor convenționale. Punerea în funcțiune și încercările nucleare au decurs în condiții bune.

(BWK 20, 1968 nr. 1, p. 45)

Între 4 și 7 septembrie 1967 a avut loc la Praga cea de-a 5-a Conferință de energetică industrială, care a dobîndit o bună reputație în domeniul de specialitate, ca urmare a unei activități de 8 ani. În cadrul ei s-a desfășurat, sub organizarea delegației R.D.G., un simpozion privind centralele de termoficare. Lucrările conferinței, la care au luat parte 553 specialiști din opt state socialiste și șase state capitaliste, s-au desfășurat în următoarele secțiuni :

I/1. Producerea, distribuția și utilizarea căldurii.
I/2. Relații între procesele tehnice și energetica întreprinderilor industriale.
II/1. Probleme de conducere, organizare și planificare a energeticii.
II/2. Sistem de considerații economice în energetică, probleme de calificare și dezvoltare a energeticienilor din energetica industrială.

(Energieanwendung 17, 1968, nr. 1, p. 1–13)

American Electric Power (AEP), cea mai mare societate de electricitate particulară din Statele Unite, a încheiat la Brown Boveri din Baden (Elveția) un contract considerat ca cel mai important din istoria turbinelor cu abur și ca cel mai important contract de export al industriei de turbine din Europa.

Comanda cuprinde livrarea a două grupuri turbogeneratoare de mare putere și opțiunea pentru alte două unități. Prima, cu o putere de 1100 MW, este destinată unei centrale nuclearoelectrice pe lacul Michigan. Următoarele trei vor fi tot pentru centrale nuclearoelectrice sau pentru centrale clasice pe cărbune, în care caz puterea unitară va atinge 1300 MW.

Mărimea acestor unități depășește tot ce s-a realizat pînă în prezent în construcția de mașini din Europa : fiecare grup va avea o lungime de 65 m și va cîntări 4800 t. Punerea în funcțiune a primei unități este prevăzută pentru anul 1973.

(Energie und Technik 20, 1968, nr. 1, p. 10)

Concernul G.H.H. se ocupă în primul rînd de reactoarele nucleare ale așa-numitei a doua generații, adică de reactoare de înaltă temperatură și reactoarele rapide reproducătoare. Se pune accentul pe reactorul de înaltă temperatură răcit cu heliu și moderat cu grafit. Un pas important în această direcție este construcția prevăzută a unei centrale nuclearoelectrice de 25 MWe cu turbină cu heliu, reprezentînd prima cuplare, la o instalație staționară, a unui reactor de înaltă temperatură și a unei turbine cu heliu.

Ciclul principal al centralei, cu toate anexele principale, va fi adăpostit într-o clădire concepută ca o construcție de beton cubică. La temperatura de intrare de 750°C rezultă un randament net de 37%. Reactorul este răcit cu heliu de 25 at. Elementele combustibile se prezintă ca bare ceramice învelite în grafit. Caracteristică este, de asemenea, repartiția semiomogenă a combustibilului nuclear și a materialului fertil.

(Energie und Technik 20, 1968, nr. 1, p. 41–42)

Desalinarea apei și conferința „Apă pentru pace“. (Washington, mai 1967). Liniile și tendințele de dezvoltare în domeniul desalinării apei pot fi rezumate, pe baza amplelor materiale prezentate, la următoarele :

— după un mare entuziasm pentru procedeele de desalinare, culminînd cu Congresul de la Washington din 1965 și care a fost un imbold puternic pentru progresul tehnic și industrial, în prezent problema se găsește într-o dezvoltare constantă, cu un ritm oarecum încetinit ;

— proiectele foarte mari, care implicau intervenția energiei nucleare, au fost decalate în timp și impun studii adîncite economice ale pieții ;

— se urmărește cu mare atenție realizarea foarte importantă MWD (Metropolitan Water District), din California, prevăzută în final pentru un debit de 570 000 m³/zi la o putere de 1800 MW. Prima etapă, care trebuie terminată în 1973, va asigura un debit de apă desalinată de 200 000 m³/zi ;

— nu apare deocamdată ca anumite procedee să aibă preponderență tehnică sau economică. S-au realizat progrese mari în toate procedeele și s-au dezvoltat tehnici noi.

(Revue Française de l'Energie, 19, nr. 197, ian. 1968, p. 136–146)

Transportul pieselor mari negabaritice la centralele nucleare. În construcția reactoarelor BWR și PWR, cea mai mare piesă o constituie vasul reactorului. Astfel, vasul de presiune al reactorului de 500 MW_e (BWR) al centralei nucleare Nine Mile Point are 20,5 m lungime, 7,4 m diametru, o greutate de circa 657 t și o grosime a peretelui de circa 200 mm.

Reactorul BWR al centralei Oyster Creek de 515 MW_e, are 652 t.

În cazul transportului pe apă, vasul se transportă orizontal pe un sistem de cadru special pe șlepuri ramforsate sau în vase cu podele întărite. La locul de încărcare și descărcare se prevede un sistem de mașini de ridicat cu o capacitate de 1000 t.

Vasul de presiune al reactorului PWR, de 350 MW_e, al centralei Beznau, din Elveția, lung de 10,9 m, cu un diametru de 3,3 m, cîntărind 220 t, a fost transportat pe trailere cu 6–8 axe, cu sisteme speciale de pivoți și grinzisuport. Convoiul avea cinci vehicule de tracțiune, o lungime totală de 72 m, o înălțime de la sol de 5 m și o lățime de 4,8 m.

(Nuclear Engineering vol. 13, nr. 140, ian. 1968)

Proiect „Dragon“ de mare putere economică. În urma rezultatelor satisfăcătoare obținute cu prototipul de 20 MW (t) al reactorului Dragon, de înaltă temperatură, din Anglia, s-a elaborat studiul unui reactor de același tip cu o putere de 528 MW$_e$, a cărui investiție specifică va fi de 140—150 $/kW. Acest proiect este conceput să funcționeze și cu uraniu ușor îmbogățit (5%), uraniu în ciclul U_{238} — Pu_{239} și cu uraniu îmbogățit puternic — thoriu. Costul ciclului de combustibil în prețul energiei electrice reprezintă 1,2—1,3 mills kWh.

(Nuclear Engineering, vol. 13, nr. 140, ian. 1968; Energia Nucleare vol. 15, nr. 1, 1968)

Comanda pentru vasul reactorului primei centrale nuclearoelectrice din Olanda. Pentru prima centrală nuclearoelectrică din Olanda, Mühleberg, de 250 MW$_e$, cu un reactor BWR în construcție s-a comandat în Elveția, la firma Brown Boveri din Baden, vasul de presiune al reactorului. Vasul va avea o înălțime de 19 m, un diametru de 4,2 m și o grosime a pereților de 100—200 mm. Greutatea totală va fi de 265 t. Datorită greutăților de transport, vasul va fi transportat sub forma a două segmente ce vor fi asamblate pe șantier în cursul anului 1969.

(Nuclear Engineering vol. 13, nr. 140, ian. 1968)

În Olanda se construiește a doua centrală nuclearoelectrică. Societatea de distribuție a energiei electrice din Olanda a lansat cereri de ofertă pentru cea de-a doua mare centrală nuclearoelectrică care se va construi în cadrul programului nuclear național ce prevede instalarea a 1500—2000 MW$_e$ pînă în 1980. Centrala va avea o putere de 300—400 MW$_e$ și se prevede să fie terminată pînă la 1 iulie 1973. Nu s-au făcut opțiuni asupra tipului de reactor și nu s-a precizat încă amplasamentul. Ofertele vor fi depuse pînă la 1 aprilie 1968 și alegerea se va face în cel de-al treilea trimestru al anului 1968.

(Nuclear Engineering vol. 13, nr. 140, ian. 1968)

Succese importante în separația izotopică a uraniului prin centrifugare. După „Tokyo Newsletter“ nr. 10, 1967, în problema îmbogățirii izotopice a uraniului cu U_{235} prin metoda centrifugării, Japan Atomic Fuel Corporation și Japan Atomic Energy Research Institute au înregistrat progrese importante. Se crede că se va putea aplica procedeul centrifugării pe scară industrială în mai puțin de doi ani. Cu toate că savanții japonezi vor continua să-și publice rezultatele, acestea vor fi parțiale, deoarece unele din cercetări sînt considerate „secrete comerciale“.

(Nuclear Engineering vol. 13, nr. 140, ian. 1968)

Amplasare de CNE în Japonia. S-a ales amplasamentul pentru prima centrală nuclearoelectrică de 500 MW$_e$ din Japonia. Aceasta va fi o centrală cu apă obișnuită și uraniu îmbogățit și este planificată să intre în fucțiune în 1972.

(Nuclear Engineering vol. 13, nr. 140, ian. 1968)

CNE în India. În India a început în 1968 construcția centralei nuclearoelectrice de la Kalpakkam (la sud de Madras). Centrala va fi echipată cu reactoare tip cu apă grea și uraniu natural de cîte 200 MW$_e$. De asemenea se preconizează să se construiască o centrală nucleară în statul Punjab, unde cerința de energie electrică neacoperită pînă în 1971 va fi de circa 664 MW.

(Nuclear Engineering vol. 13, nr. 140, ian. 1968)

Cartea Albă a guvernului britanic asupra politicii naționale în sectorul energetic. Guvernul britanic a publicat o Carte Albă asupra politicii naționale care va fi urmată în următorii ani în sectorul energetic.

În ceea ce privește energia nucleară, se confirmă decizia luată cu doi ani înainte de a se pune în funcțiune în perioada 1970—1975 o putere nucleară totală de 8000 MW$_e$ (complementară primului program, care prevedea instalarea în 11 centrale a unei puteri de 5165 MW pînă în 1970). Se lasă să se întrevadă că această valoare va fi probabil depășită.

Se afirmă că primele centrale din cadrul acestui program (CNE Dungeness B și Hinkley Point B, de cîte 2 × 600 MW$_e$, actualmente în construcție), echipate cu reactoare AGR, vor fi mai economice decît centralele analogice pe cărbune și ar putea fi competitive și cu cele pe păcură, dacă s-ar impune taxe de import pentru petrol.

Aceste centrale vor necesita investiții cu 24 £/kW mai mari decît centralele clasice și se crede că pentru unitățile ce se vor pune în funcțiune după 1975 această diferență va tinde să se anuleze. Se apreciază că în 1975 centralele nucleare vor utiliza circa 10% din combustibilul consumat anual în Anglia (în echivalent căldură) față de anul 1966, în care cota respectivă reprezenta doar 3%.

Politica energetică engleză este îndreptată în principal în direcția reducerii la maximum a costului energiei electrice; pentru aceasta, Cartea Albă preconizează ca în viitor să se construiască numai centrale nuclearoelectrice. Asupra tipului de reactor pentru aceste centrale, Cartea Albă nu face nici o precizare, lăsînd-o la libera apreciere a CEGB, în funcție de siguranța în aprovizionarea cu combustibil nuclear și aspectele economice.

(Energia Nucleare vol. 15, 1968, nr. 1)

Avarii la centrala nuclearoelectrică Oyster Creek. În cursul verificărilor și probelor finale ale vasului de presiune al reactorului BWR cu care a fost echipată centrala nuclearoelectrică Oyster Creek, de 515 MW$_e$, din S. U. A., au fost descoperite un număr de fisuri superficiale și un gol de sudură la îmbinarea tuburilor pentru barele de reglare cu corpul vasului. Nu s-a identificat încă cauza acestor fisuri, însă experții de la firmele constructoare — General Electric și Combustion Engineering — nu au exclus posibilitatea ca să fi fost provocate de substanțele corosive care s-ar fi aflat în vasul reactorului. S-au luat probe ce urmează să fie examinate în laborator. Cu toate că cea mai mare parte a fisurilor au fost rapid remediate, pentru punerea în funcțiune se așteaptă răspunsul experților.

Centrala era planificată să se termine în 1967 și să fie dată în exploatare în primăvara anului 1968. Întîrzierea de punere în funcțiune a centralei nu s-a putut aprecia, întrucît punerea în funcțiune depinde de autorizația pe care urmează să o dea USAEC, în care se va ține seamă și de raportul de siguranță al experților. Totuși se apreciază că centrala nu va putea furniza energia electrică în vara acestui an.

(Energia Nucleare vol. 15, 1968, nr. 1)

Centrala nuclearoelectrică Lingen a devenit critică. Reactorul cu apă în fierbere al centralei nucleare Lingen a devenit critic pentru prima oară la 31. I. 1968. Starea critică s-a atins cu 24 ansamble de elemente combustibile. Restul de 260 ansamble urmează să fie introduse pînă la jumătatea lunii februarie 1968. Centrala Lingen este prevăzută cu supraîncălzire cu păcură a aburului viu. Puterea netă a centralei va fi de 240 MW$_e$.

(Atomwirtschaft—Atomtechnik vol. 13, 1968 nr. 2)

Generatoarele izotopice pentru producerea directă a energiei electrice din căldura obținută pe baza dezintegrării substanțelor radioactive (stronțiu 90) trec acum din faza experimentală în faza semiindustrială.

De la primele prototipuri de 75 W s-au elaborat în prezent modele de 5 W și sînt proiectate generatoare de 100 W. Costul unui generator de 5 W, cu o durată garantată de funcționare de 5 ani, este de 12 000 £.

(Electrical Times, 8 febr. 1968)

CEGB instalează amortizoare de zgomot la întrerupătoarele de 400 kV situate în regiunile cu populație densă și care au o frecvență mare de comutație. Costul echipamentului suplimentar pentru eliminarea fenomenului „bang" la deconectare și asigurarea unei comutări silențioase este estimat la aproximativ 10 000 £ de întrerupător.

(Electrical Times, 15 febr. 1968)

Consumul de 105,7 miliarde kWh atins de Franţa în 1967 reprezintă cea mai slabă creştere anuală (4,7%) din 1964 şi pînă în prezent.

(Le Moniteur Professionnel de l'Electricité et de l'Electronique, febr. 1968)

Guvernul francez a hotărît să nu construiască centrale nucleare importante pe bază de uraniu îmbogăţit, ci va continua dotarea energeticii sale cu reactoare pe bază de uraniu natural-grafit-gaz, pentru a garanta independenţa nucleară a Franţei.

(Le Moniteur Professionnel de l'Electricité et de l'Electronique, ian. 1968)

Ministrul energeticii a anunţat în Parlament modificarea unor prevederi a politicii guvernului britanic privind centralele nucleare, prevederi ce nu permiteau instalarea acestora în apropierea centrelor populate.

Această interdicţie a fost ridicată ca urmare a unei experienţe acumulate timp îndelungat în exploatare şi care evidenţiază siguranţa deosebită de exploatare a reactoarelor răcite cu gaz.

(Electrical Times, 15 febr. 1968)

Peste 100 membri ai parlamentului au semnat o moţiune cerînd guvernului instituirea unei singure autorităţi centrale responsabile cu realizarea programului de construcţie a centralelor nucleare.

În sprijinul acestei cereri se arată că difuzarea răspunderii în acest domeniu a condus la efectuarea unor lucrări nejustificate şi astfel la cheltuirea suplimentară a circa 40 milioane lire.

(Electrical Review, 16 febr. 1968)

Un sistem compus din cinci staţii subterane 11/0,4 kV interconectate prin cabluri şi conţinînd o linie aeriană de înaltă tensiune a fost realizat de CEGB pentru antrenarea personalului de exploatare şi operativ în condiţii reale de funcţionare.

Un simulator de defecte creează diversele tipuri de defecte pe care viitorii dispeceri de reţea sau personalul de intervenţie le lichidează folosind tehnica de transmisii (radio, telefon, posturi mobile etc.) utilizată în exploatare.

(Electrical Review, 16 febr. 1968)

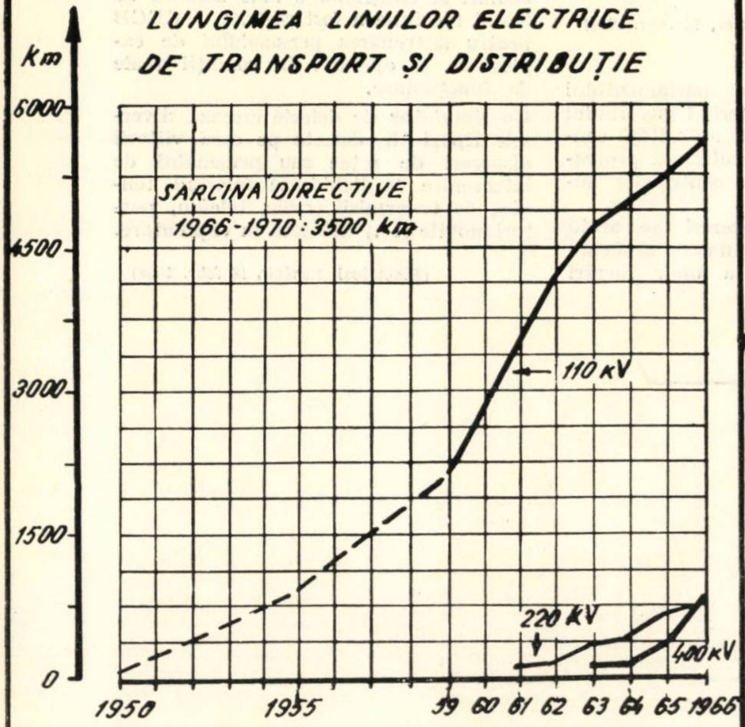
* * *

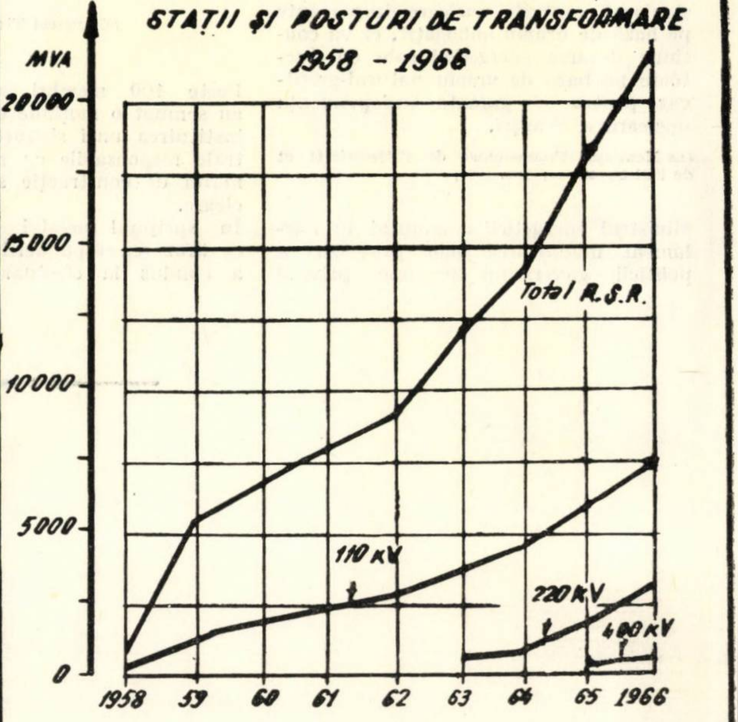
Revista „ENERGETICA", organ al Ministerului Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R. S. România (CNIT). Redacţia: Bucureşti, Splaiul Independenţei nr. 49, Sectorul VI, Tel. 136683; 130053. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinete tehnice în contul nostru de virament: nr. 058001 B.N.R.S.R. — Sectorul VI. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri lei 30 anual. Preţul unui exemplar lei 5. — Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „Informaţia", Bucureşti — c. 6338

Taxele poştale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.T. nr. 10/1095, 1967

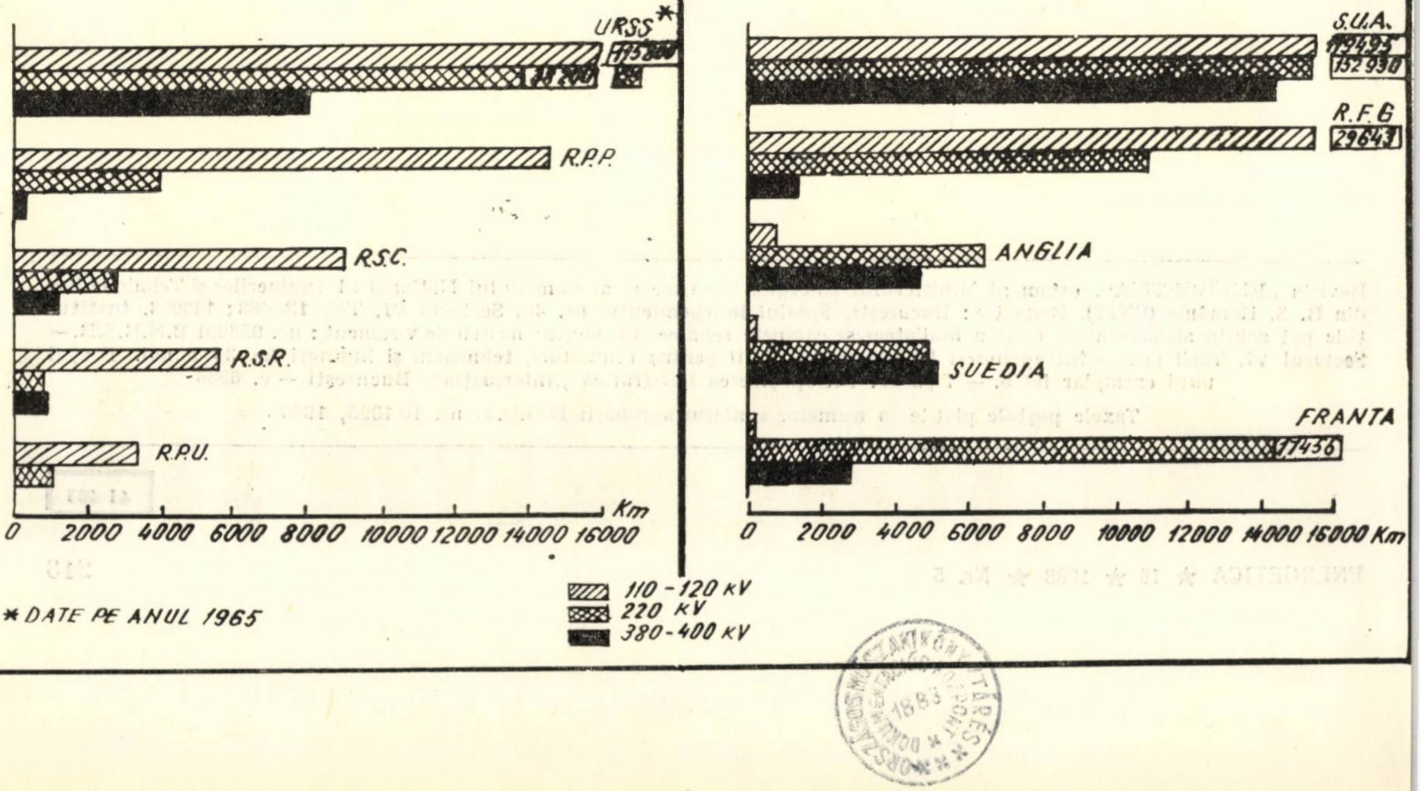
41 401

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT
1983





DATE COMPARATIVE CU UNELE ȚĂRI STRĂINE PRIVIND LUNGIMEA LINIILOR DE TRANSPORT DE ENERGIE ELECTRICĂ DE 400, 220 ȘI 110 KV LA 31 DECEMBRIE 1966



* DATE PE ANUL 1965

acetilenă
C
2
H
2

întreprinderea

ENERGOMONTAJ

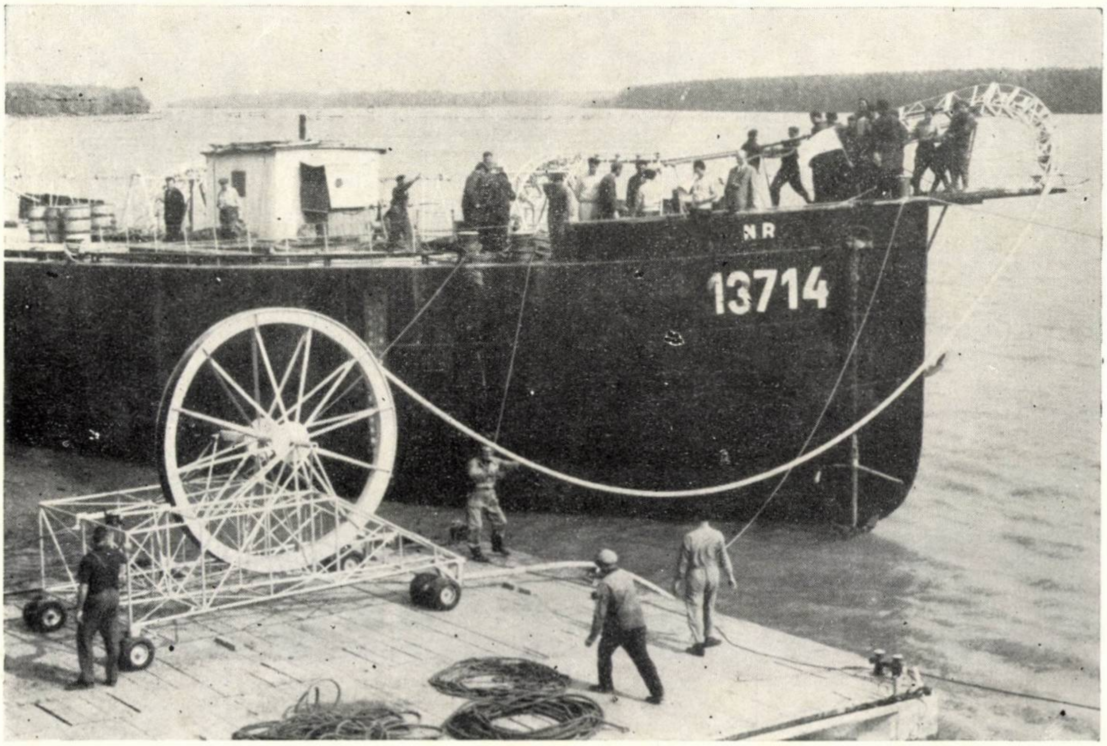
produce și livrează acetilenă îmbuteliată de bună calitate, de la fabrica proprie, echipată cu utilaj ultramodern, amplasată la șantierul CTE Deva-Mintia.

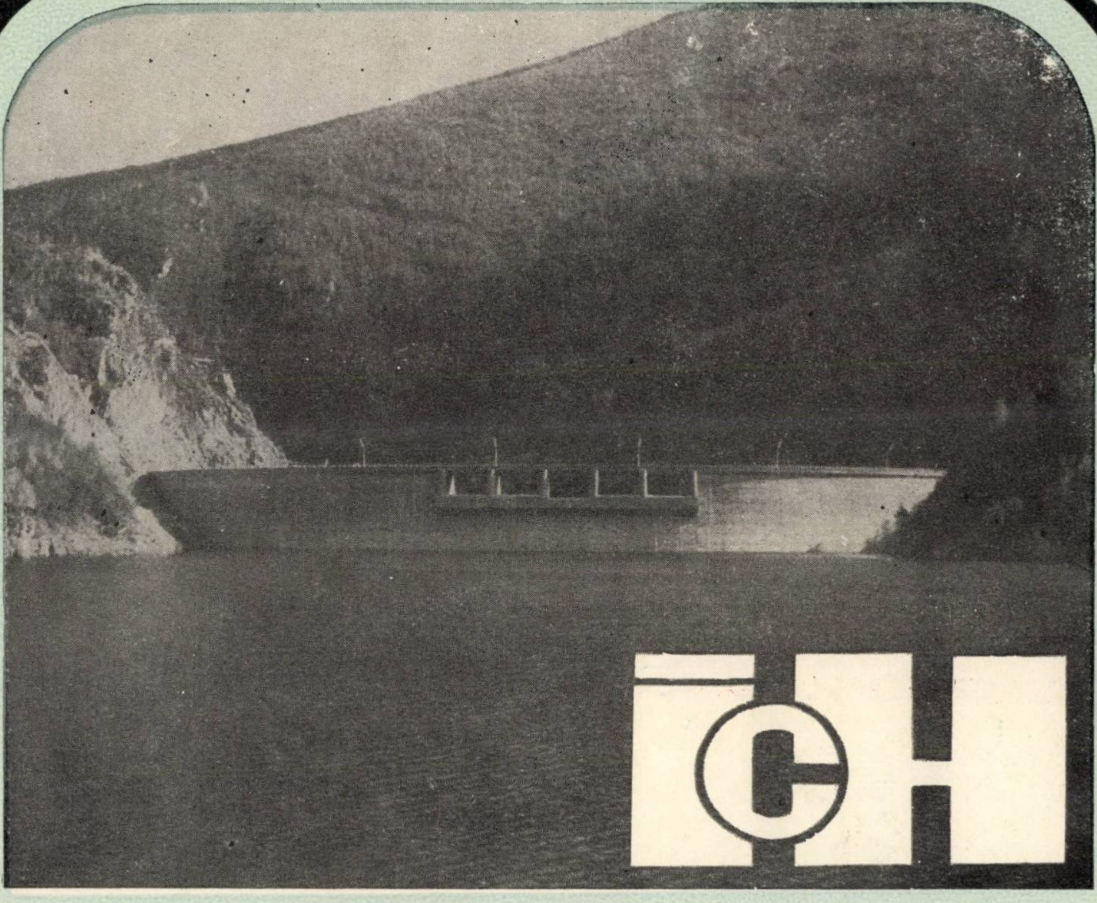
Cererile se vor adresa la: „Energomontaj"
București, Calea Dorobanților nr. 105,
Serviciul Aprovizionare.

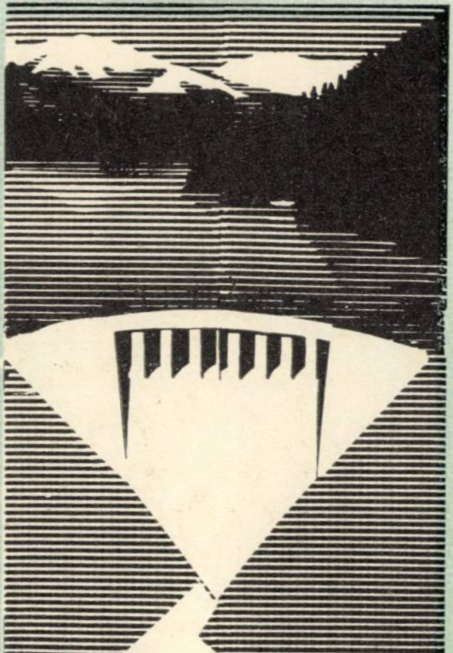
INTREPRINDEREA
ELECTROMONTAJ
BUCUREŞTI

Execută :

- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Staţii de distribuţie şi posturi de transformare
- Staţii de transformare de 35-400 kV
- Reţele electrice în cablu subteran pînă la 110 kV
- Linii electrice de distribuţie
- Reţele de iluminat public
- Electrificări rurale





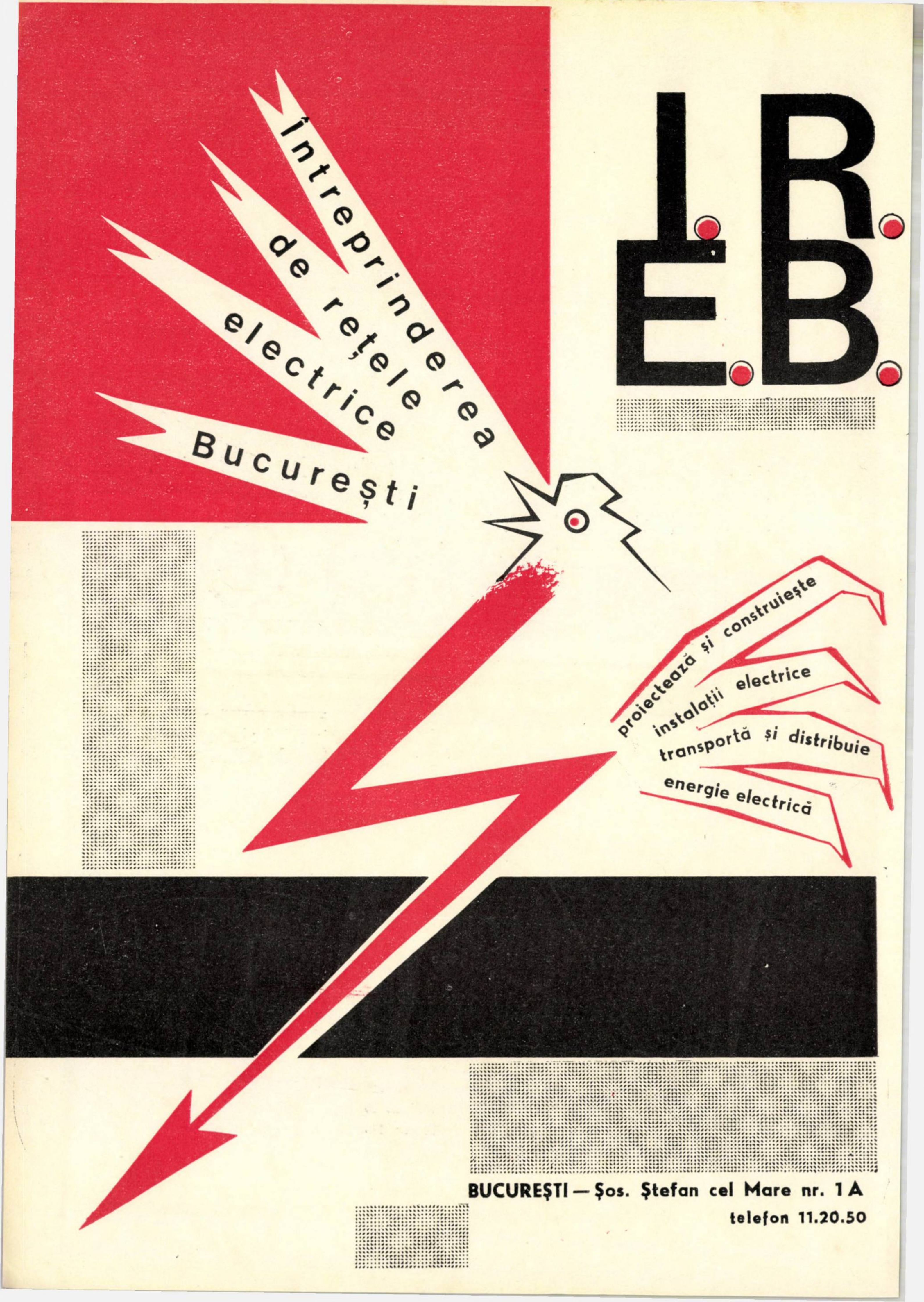


INTREPRINDEREA
CONSTRUCTII
HIDROENERGETICE

execută lucrări de:

- Baraje de toate genurile
- Centrale hidroelectrice subterane și de suprafață
- Tuneluri și galerii hidrotehnice
- Canale și diguri
- Amenajări pentru alimentarea cu apă a marilor industrii

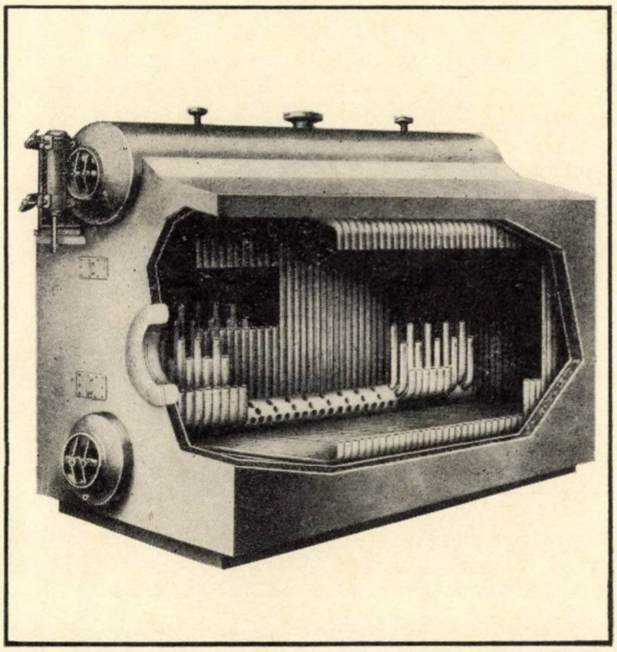
I. C. H.-București, str. Dimitrie Onciu nr. 23-25
Telefon 35.54.70 Telex INCOHIDROEN Buc. 244

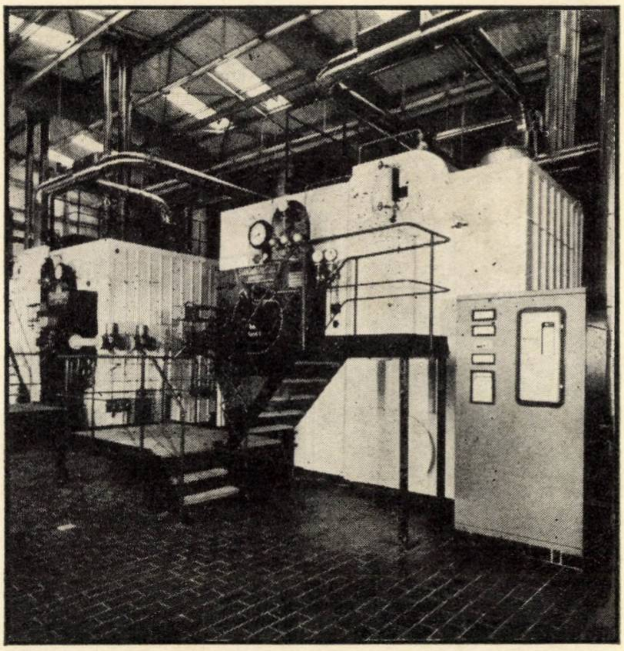

I.R.E.B.
Întreprinderea de rețelele electrice București
proiectează și construiește
instalații electrice
transportă și distribuie
energie electrică

BUCUREȘTI — Șos. Ștefan cel Mare nr. 1A
telefon 11.20.50

Cazane
de constructie
compactă

STANDARD-
PORTAKESSEL





Cazan acvatubular de apă supraîncălzită, abur saturat şi abur supraîncălzit. Elementele de construcţie ale acestui cazan sînt ţevi cu aripioare. Desimea ţevilor şi poziţia paralelă, fără spaţii intermediare, a drumurilor de gaze, permit livrarea cazanului pînă la cele mai mari puteri în construcţie compactă. Dimensiunile camerei de ardere, în special adîncimea camerei de ardere, sînt astfel alese încît să asigure desfăşurarea ireproşabilă a arderii. Instalaţia de ardere se construieşte în mod obişnuit pentru păcură, gaze sau combinat, pentru păcură şi gaze.

Domeniile de aplicaţie a acestui cazan sînt: producerea energiei electrice în centrale industriale mici şi mijlocii; producerea apei supraîncălzite pentru alimentarea centralizată cu căldură de la instalaţii de încălzire mari de la distanţă; producerea aburului saturat pentru întreprinderi de orice natură.

STANDARD-PORTAKESSEL (cazanele Porta-standard) se construiesc pentru abur saturat pînă la presiuni de 67 kgf/cm^2, pentru abur supraîncălzit cu temperaturi pînă la 500°C.

Există peste 20 de tipuri diferite de cazane pînă la debite de 25 t/h. Pentru nevoi mai reduse şi presiuni mai scăzute, construim STANDARD-CONDORKESSEL (cazane Condor-standard), cazane de construcţie compactă combinate cu tub de flacără şi ţevi de fum.

STANDARDKESSEL DUISBURG

SKG
STANDARD

R. F. a Germaniei
41 Duisburg
Wilhelmshöhe
☎ 02131 / 3 43 41
0855 650

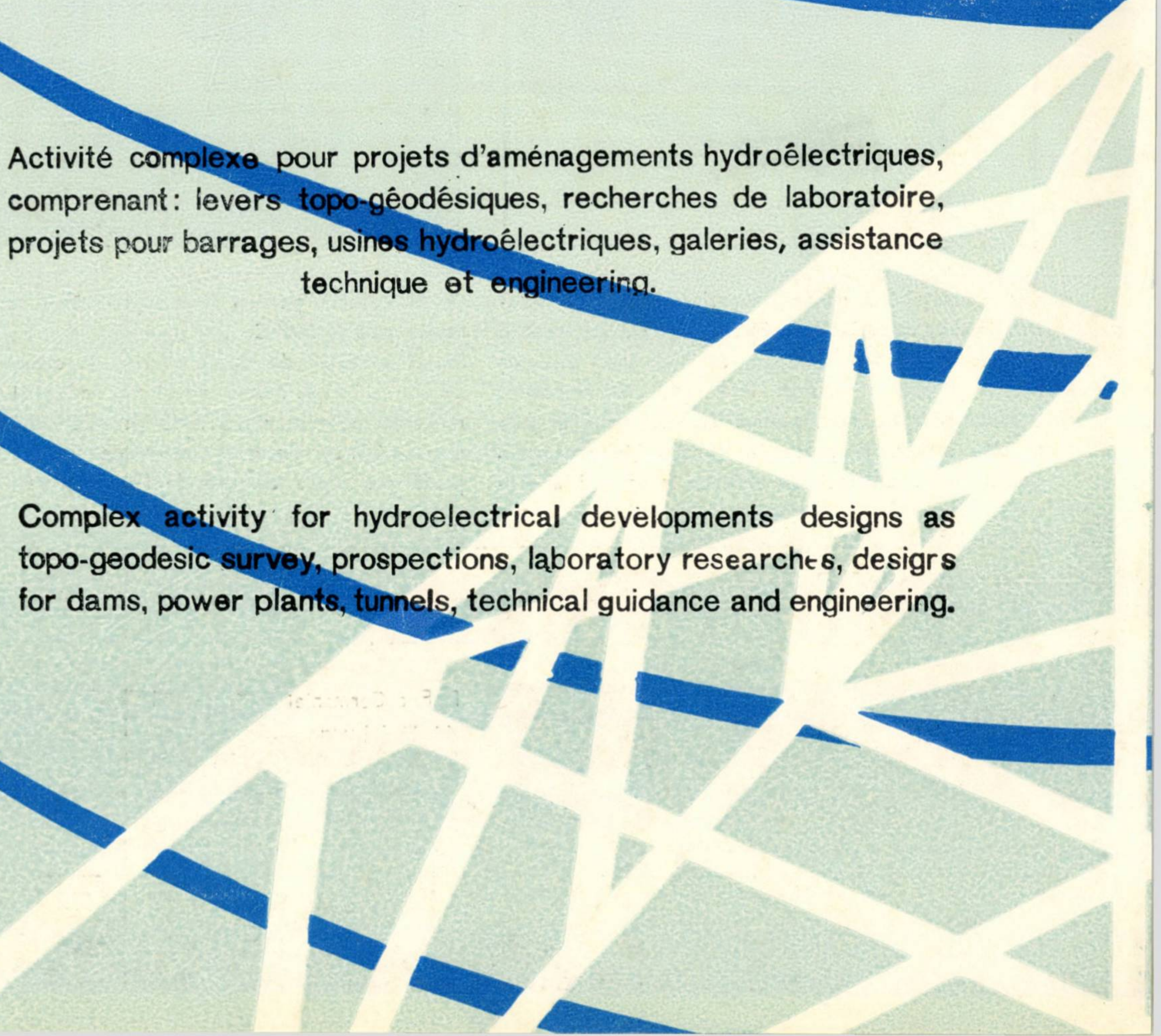
ISPH

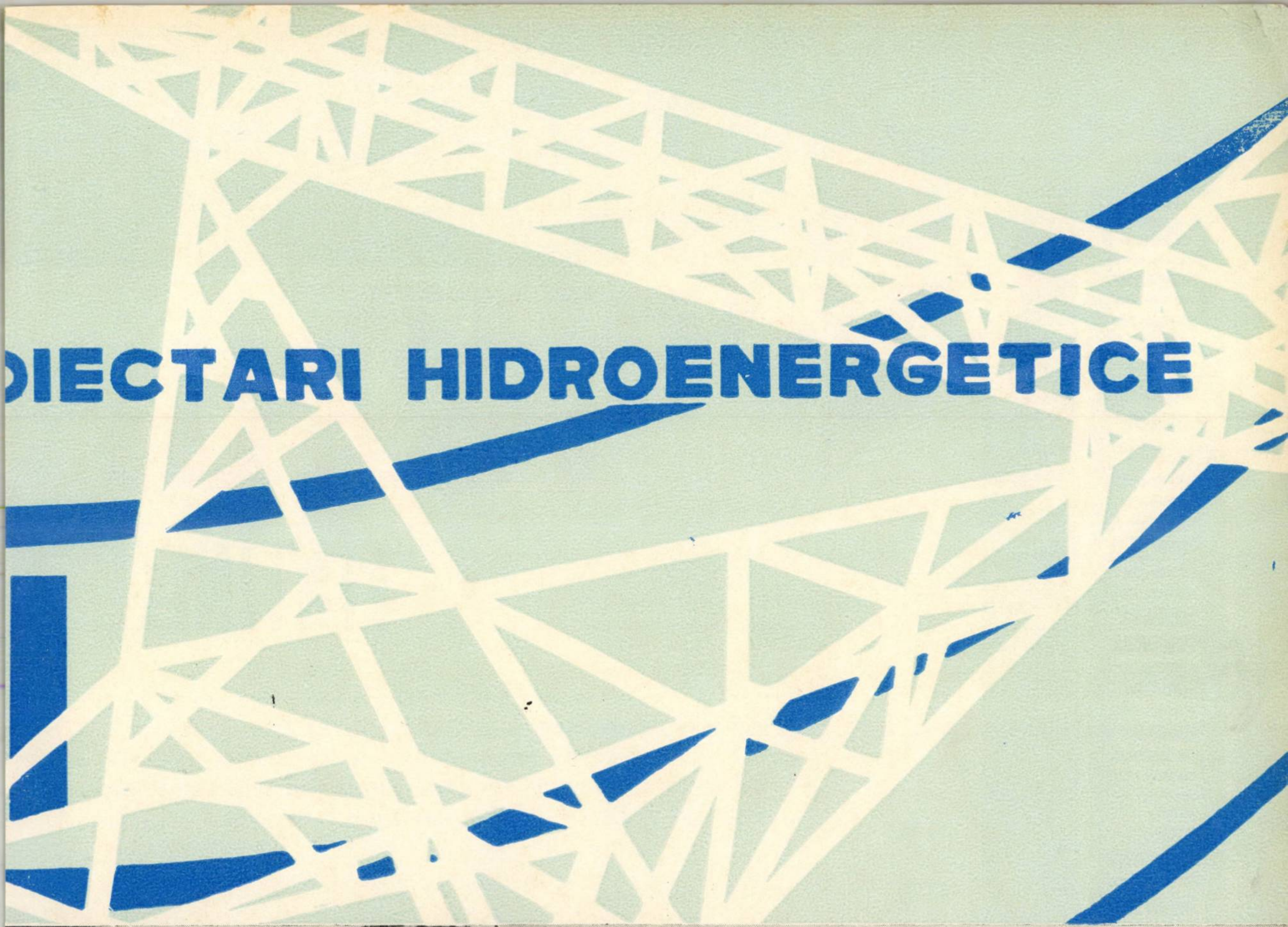
INSTITUTUL DE STUDII SI P

* Activitate complexă de proiectare în domeniul amenajărilor hidroenergetice cuprinzînd: studii şi prospecţiuni de teren, cercetări de laborator, proiecte de baraje, centrale, galerii, asistenţă tehnică şi engineering

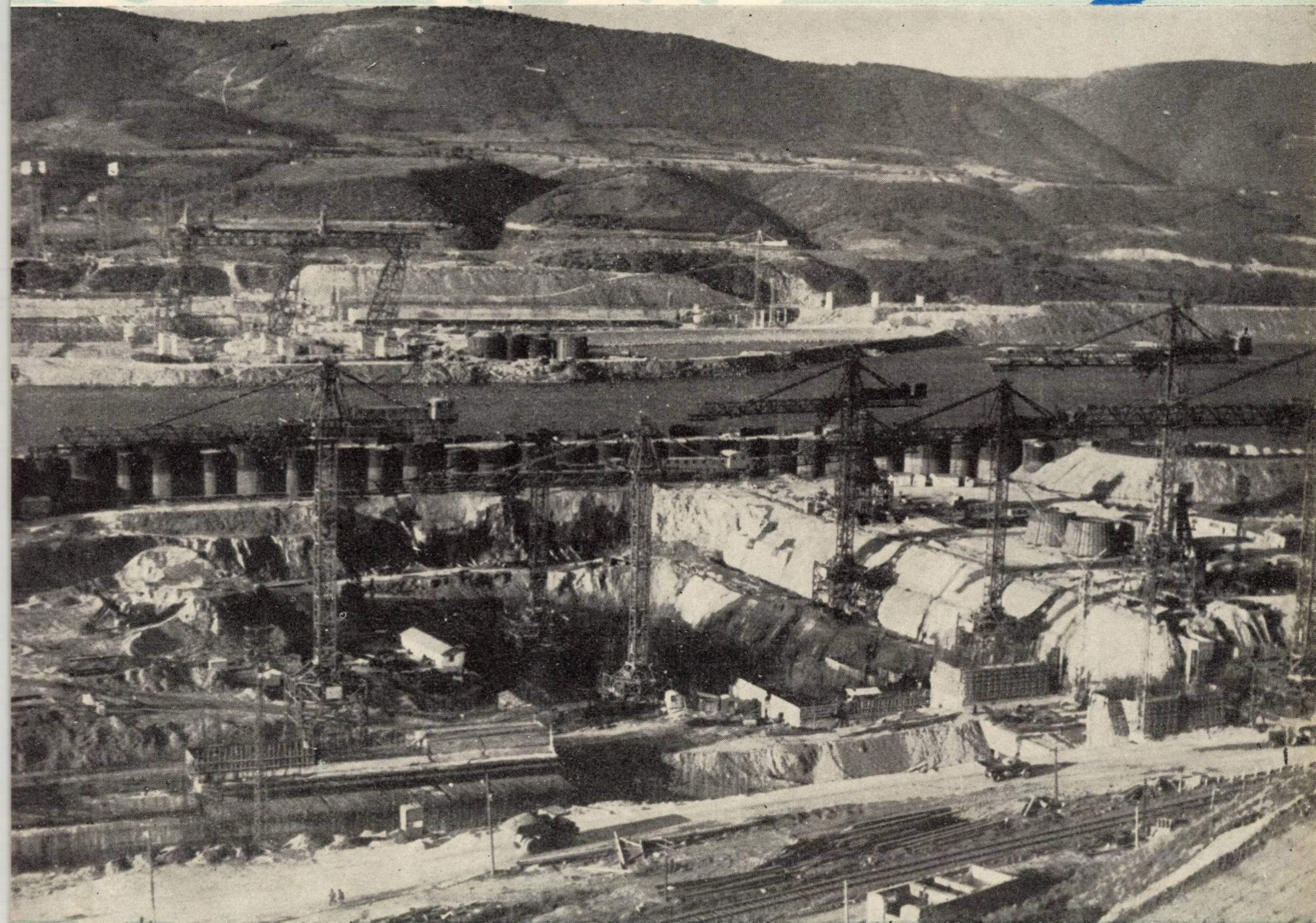
* Activité complexe pour projets d'aménagements hydroêlectriques, comprenant: levers topo-gêodésiques, recherches de laboratoire, projets pour barrages, usines hydroêlectriques, galeries, assistance technique et engineering.

* Complex activity for hydroelectrical developments designs as topo-geodesic survey, prospections, laboratory researches, designs for dams, power plants, tunnels, technical guidance and engineering.





IECTARI HIDROENERGETICE



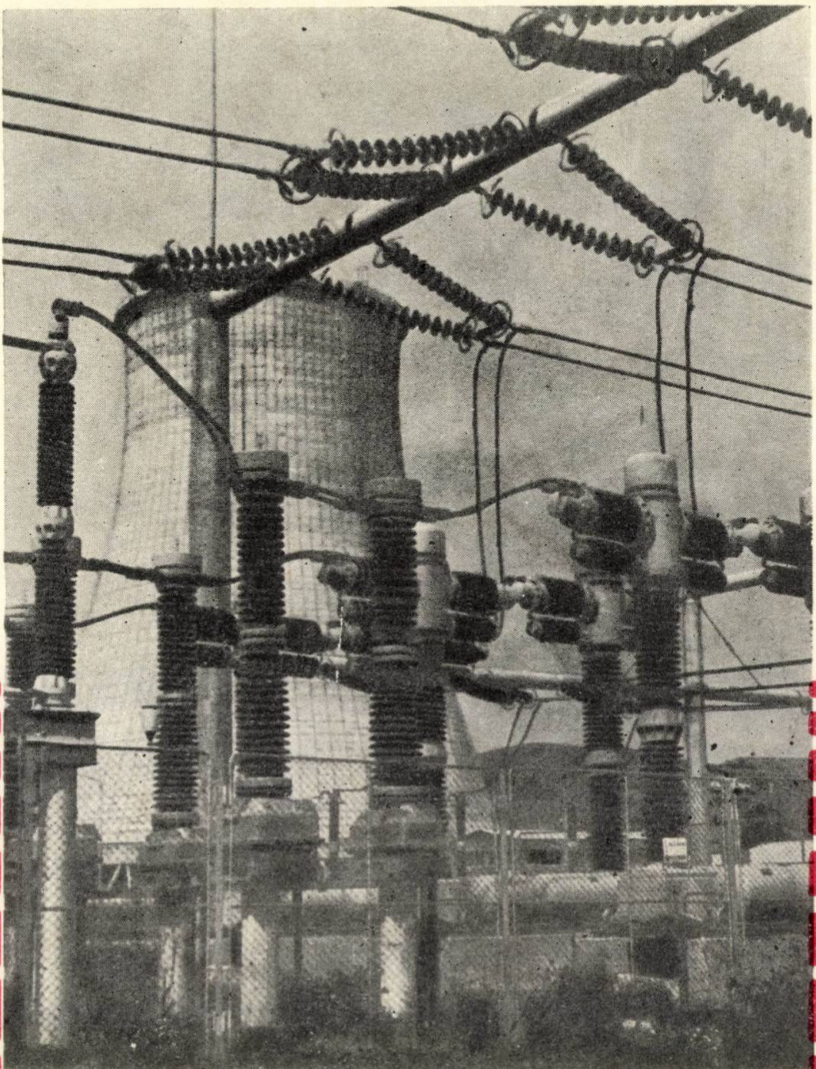
INTREPRINDEREA CENTRALA TERMOELECTRICĂ

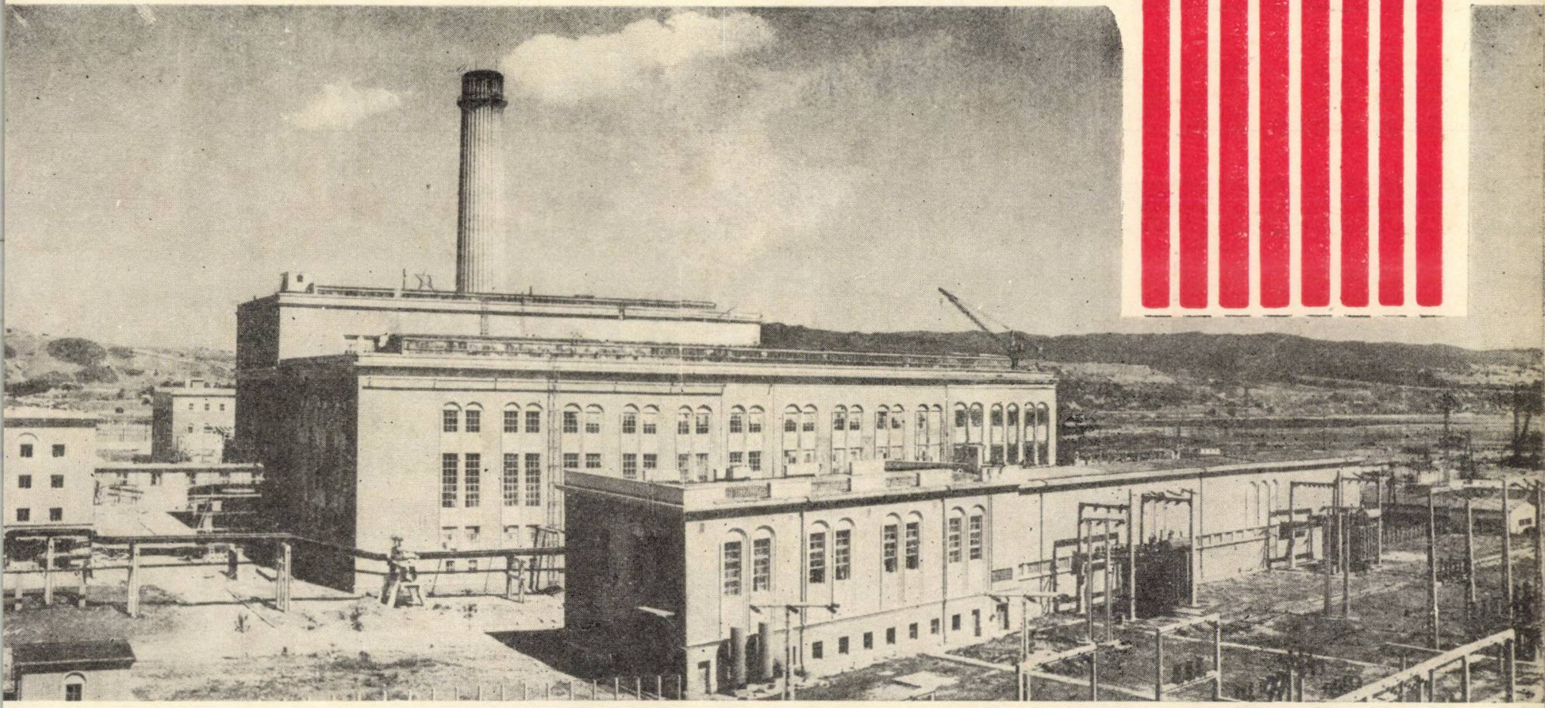
Steaua roșie

- FÎNTÎNELE -

produce și furnizează sistemului energetic național energie electrică.

ICT „Steaua Roșie" este înzestrată cu instalații și utilaje la nivelul tehnicii mondiale, avansate, producînd și furnizînd energie electrică în condiții tehnice superioare.



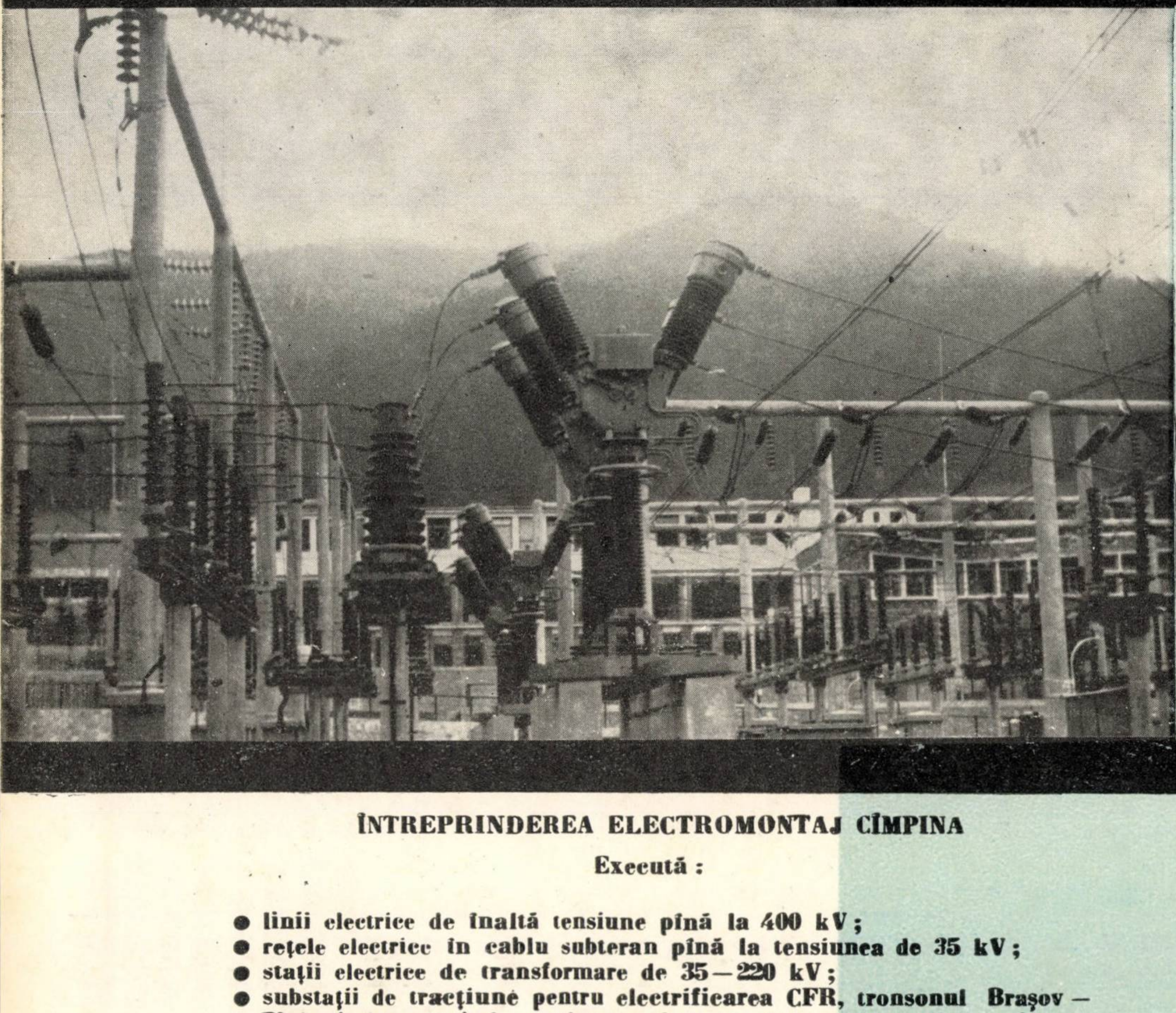


INTREPRINDEREA

ELECTROCENTRALE BORZEȘTI

- produce și furnizează sistemului energetic național energie electrică
- asigură cu energie electrică și căldură consumatorii din orașul Gheorghe Gheorghiu-Dej și consumatorii industriali de pe Valea Trotușului

INTREPRINDEREA
ELECTROMONTAJ
CÎMPINA



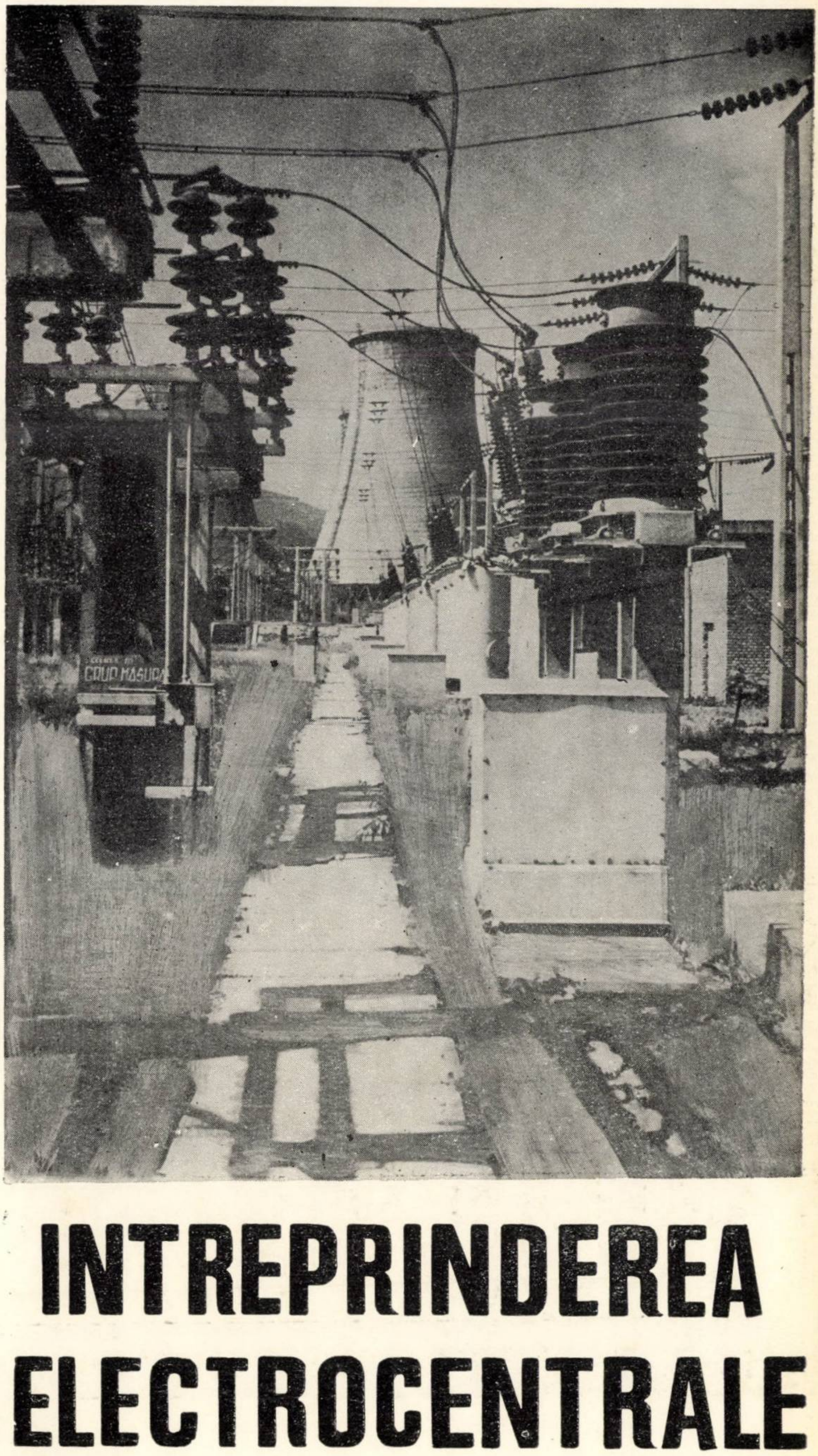
ÎNTREPRINDEREA ELECTROMONTAJ CÎMPINA

Execută :

- linii electrice de înaltă tensiune pînă la 400 kV;
- rețele electrice în cablu subteran pînă la tensiunea de 35 kV;
- stații electrice de transformare de 35—220 kV;
- substații de tracțiune pentru electrificarea CFR, tronsonul Brașov — Ploiești și posturi de secționare și legare în paralel a firelor de cale pentru electrificarea CFR la tensiunea de 27,5 kV;
- posturi de transformare pentru alimentarea centralizării electro-dinamice a stațiilor CFR pe ruta Brașov-Ploiești;
- posturi de transformare aeriene, la sol și subterane, rețele de joasă tensiune și iluminat public.

produce şi furnizează sistemului energetic naţional energie electrică.

IEC Paroşeni este înzestrată cu instalaţii şi utilaje la nivelul tehnicii mondiale, avansate, producînd şi furnizînd energie electrică în condiţii tehnice superioare.



INTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE

Paroşeni

IRE

DOBROGEA

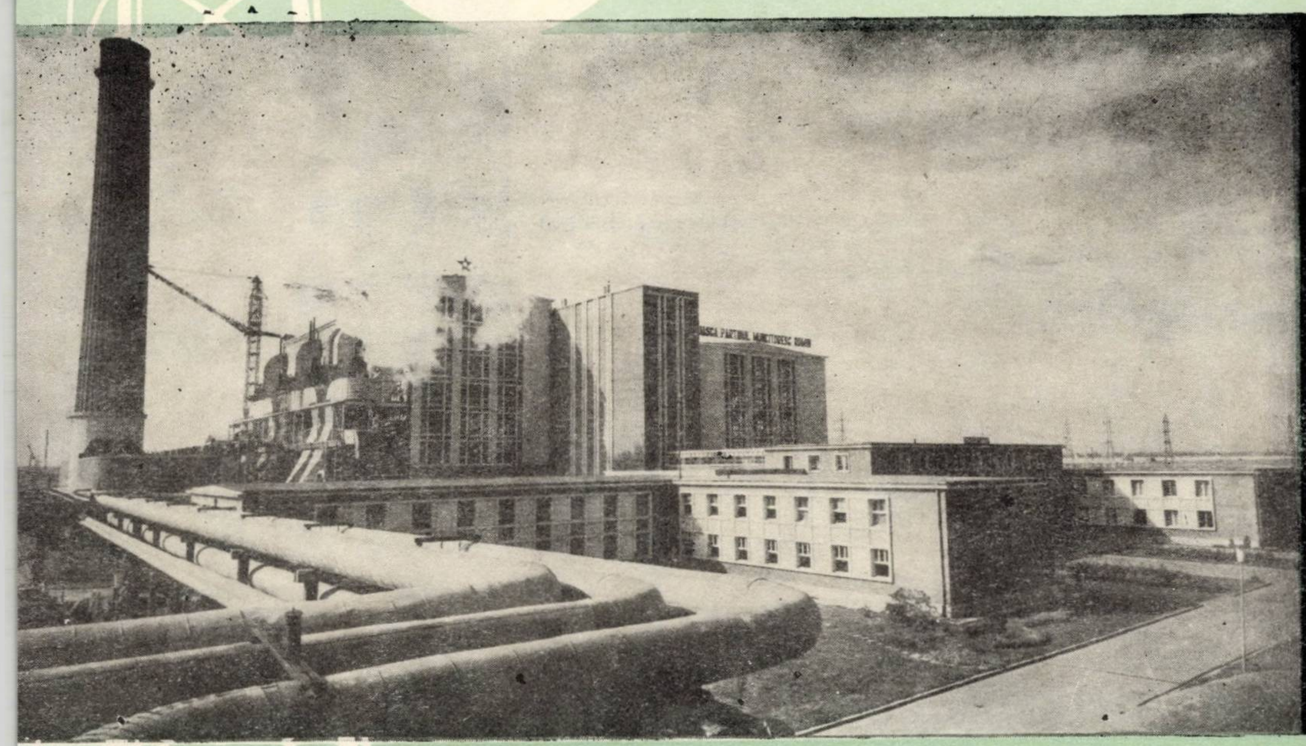
Transportă şi distribuie

energie electrică în reţele de inaltă, medie şi joasă tensiune

proiectează şi execută

- **reţele de joasă şi medie tensiune**
- **staţii şi posturi de transformare**
- **instalaţii de iluminat exterior**
- **instalaţii de electrificare în mediul rural**
- **instalaţii exterioare**
- **branşamente**

Intreprinderea Electrocentrale Brazi

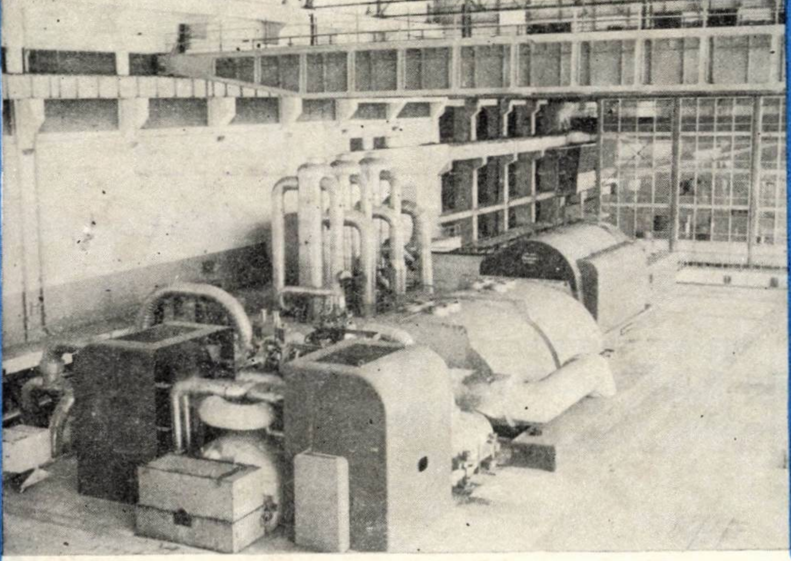


- produce şi furnizează sistemului energetic naţional energie electrică
- asigură cu energie electrică şi căldură consumatorii din oraşul şi zona industrială Ploieşti.

1968 ОКТ 16

ÎNTREPRINDEREA
CENTRALA ELECTRICĂ
DE TERMOFICARE
CRAIOVA

1968 ОКТ 16

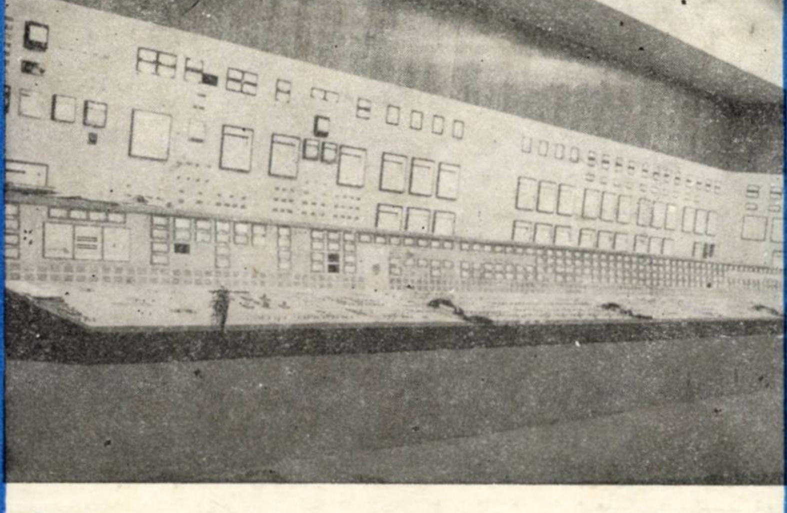


- produce şi furnizează, prin instalaţiile sale, sistemului energetic naţional, energie electrică ;
- produce şi livrează căldură consumatorilor industriali din zonă.

CET Craiova dispune de o putere instalată de peste 650 MW şi se va extinde pînă la 1000 MW, cu încă un grup de 330 MW

CET Craiova dispune de grupuri moderne de instalaţii cu un înalt grad de automatizare şi de concentrare a comenzilor.

CET Craiova va fi prima centrală în care se vor instala calculatoare electronice.

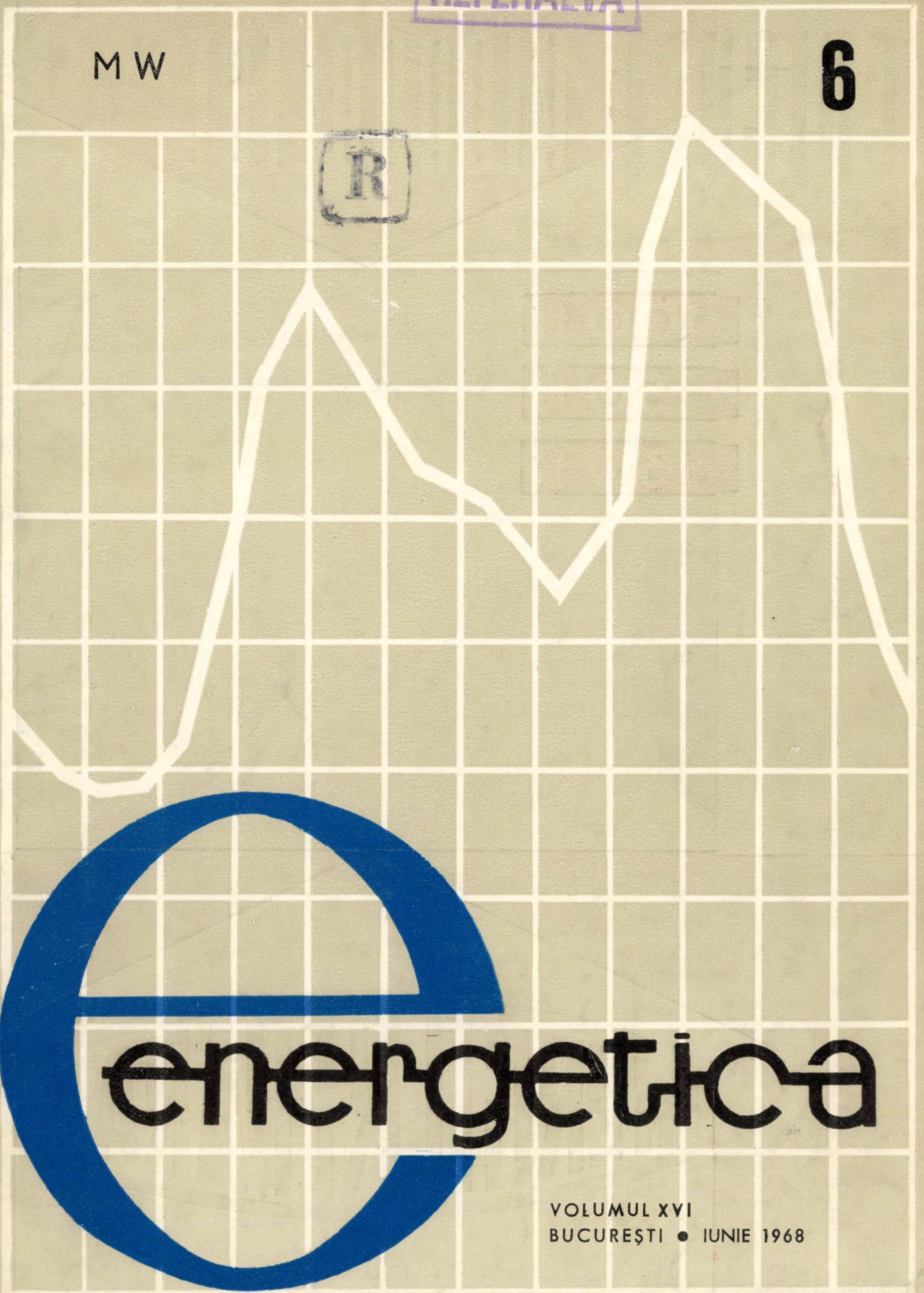


I.C.E.T. CRAIOVA

E 2039

REFERÁLVA

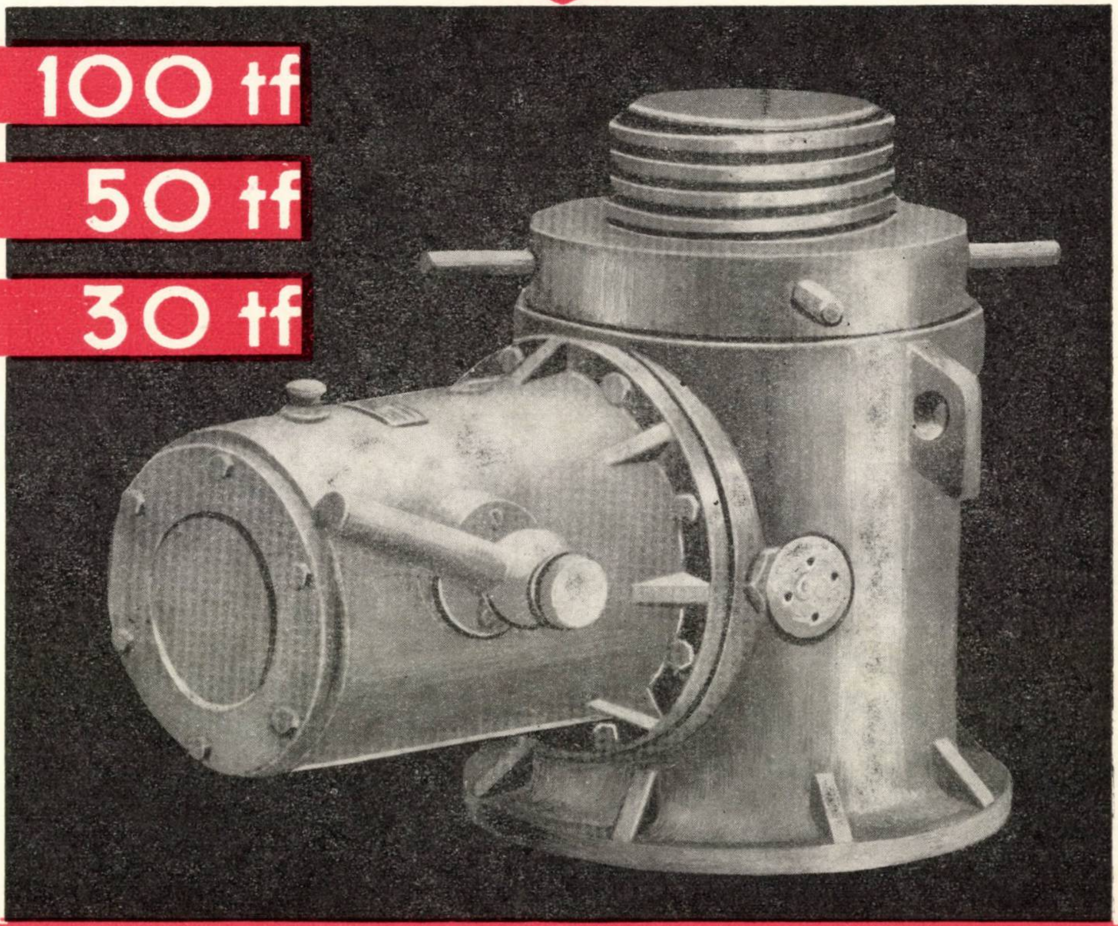
R


MW
0
6
12
18
24

6

energetica

VOLUMUL XVI
BUCUREŞTI • IUNIE 1968



CRICURI HIDRAULICE

100 tf
50 tf
30 tf

ENERGO REPARAȚII

București — B-dul Mărășești nr 2 — tel. 23.26.40

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL
AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA
ANUL 16 nr. 6 IUNIE

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT
1883

Cuprinsul

Georgescu, Al. și *Iftime, P.* **Metode de îndreptare a rotoarelor turbinelor cu abur** 245—252

Oancea, N. **Eficiența termodinamică a turnurilor de răcire** 252—257

Constantinescu, E. **Folosirea în electroenergetică a conductoarelor răcite la temperaturi foarte joase** 257—262

Horodniceanu, M. și *Liber, D.* **Serviciile interne de curent continuu din centralele electrice** 262—269

Pătrășescu, D. **Probleme specifice ale serviciilor proprii în centralele termoelectrice de mare putere** 270—275

Rașcu, P. **Soluții tehnice interesante utilizate în proiectul stației de transformare 220/110/20(15) kV Argeș** 276—281

ENERGETICA PESTE HOTARE

Focșa, Vl. **Centrala hidroelectrică Seitevare, din Suedia** 282—287

CRONICĂ

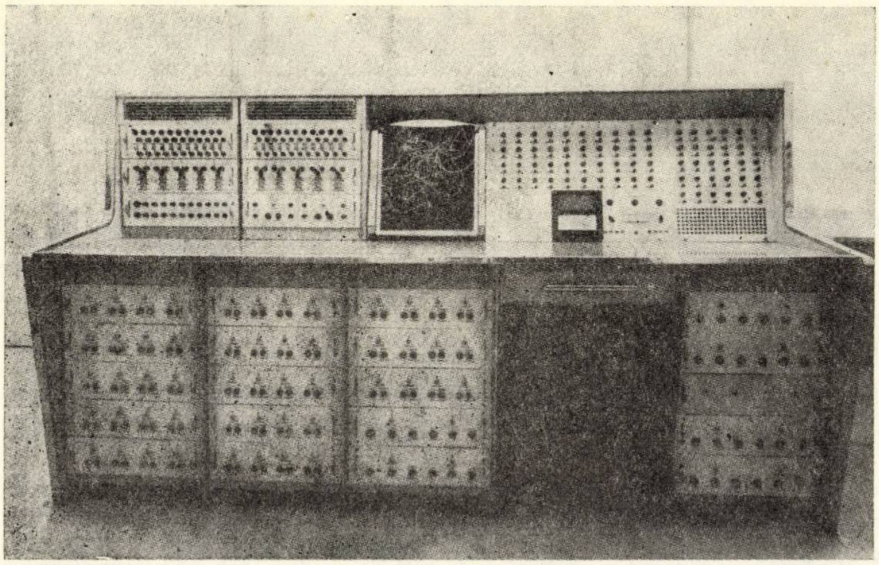
INFORMAȚII TEHNICE

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing. I. D. STANCESCU, redactor responsabil, ing. G. IORGULESCU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, ing. ST. BERENGHI, conf. ing. A. COGALNICEANU, conf. ing. E. CONSTANTINESCU, ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, laureat al Premiului de Stat, ing. H. FURTUNESCU, ing. L. LUCA, ing. B. MARCU, ing. A. MACRIȘ, conf. ing. C. MIHĂILEANU, conf. ing. V. NIȚU, ing. A. SPINU

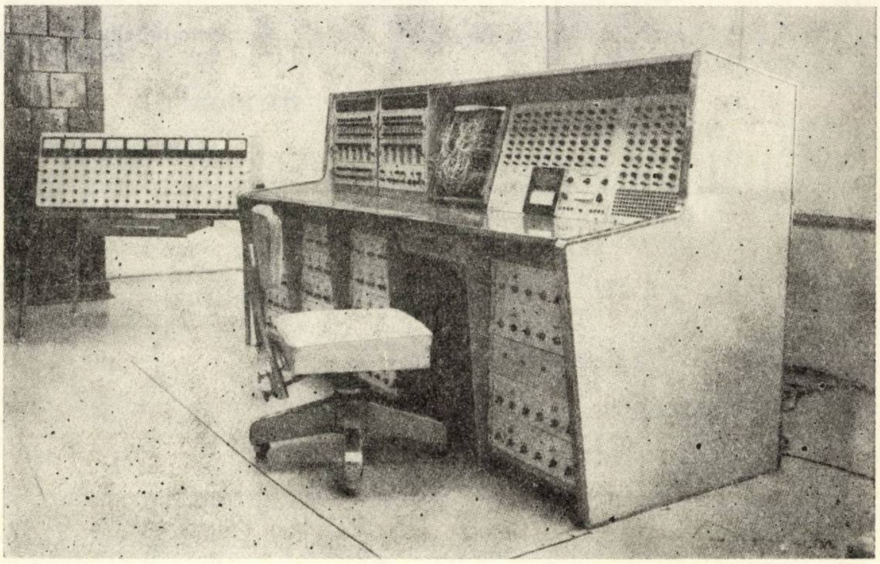
OFICIUL DE DOCUMENTARE ȘI PUBLICAȚII TEHNICE
AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE

irme



dispune de un calculator analogic avînd următoarele caracteristici:
- 66 amplificatoare operaționale;
- 12 generatoare de funcții;
- 10 limitatoare;
- 2 comparatoare-limitatoare;
- 70 potențiometri coeficienți;
- panouri de interconexiune interschimbabile.

Calculatorul permite în general rezolvarea problemelor în care intervin ecuații diferențiale liniare sau neliniarități statice, ca, de exemplu:



- acordarea regulatoarelor de:
  - tensiune;
  - turație;
  - ardere a cazanelor;
  - putere (ale centralelor care participă la reglarea frecvență-putere;
  - nivel (ale centralelor hidroelectrice funcționînd pe canal);
- determinarea caracteristicilor dinamice (funcțiilor de transfer) ale elementelor de automatizare și ale agregatelor automatizate;
- alegerea schemelor optime de reglare a arderii;
- rezolvarea ecuațiilor privind fenomenele de propagare a căldurii;
- rezolvarea ecuațiilor privind fenomenele de supratensiuni de comutație;
- determinarea repartiției optime a sarcinii între:
  - agregatele unei centrale;
    - între cazane,
    - între turbine,
  - centralele interconectate.

Pentru efectuarea operațiilor indicate, I.R.M.E. pune la dispoziție calculatorul analogic și asistență tehnică pentru rezolvarea acestor probleme. Comenzile se primesc la sediul I.R.M.E. din București, Sectorul 4, str. Doamnei nr. 14

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.165–253

Жеоржеску, Ал. и *Ифтиме, П.*: **Методы выпрямления роторов паровых турбин**

Излагаются причины оставшихся изгибов на валах паровых турбин и описываются методы выпрямления: механические, тепловые, тепломеханические и посредством ослабления напряжения.

Energetica 16 (1968), No. 6, стр. 245–252

ДК 621.565.93

Оанча, Н.: **Теплодинамическая эффективность градирень**

Анализируется влияние различных условий охлаждения на теоретический к.п.д. теплового цикла.

Energetica 16 (1968), No. 6, стр. 252–257

ДК 621.31.035.5 : 621.59

Константинеску, Е.: **Применение в электроэнергетике охлажденных проводов на весьма низких температурах**

Energetica 16 (1968), No. 6, стр. 257–262

ДК 621.311.18

Городничану, М. и *Либер, Д.*: **Собственные нужды постоянного тока на электростанциях**

Соображения относительно современной концепции и дальнейших тенденций в связи со способом решения вопроса собственных нужд постоянного тока на электростанциях.

Energetica 16 (1968), No. 6, стр. 262–269

ДК 621.311.001.24

Пэтрэшеску, Др.: **Специфические проблемы собственных нужд на тепловых электростанциях крупной мощности**

Приводятся некоторые особенности проектирования собственных нужд на тепловых электростанциях, оборудованных агрегатами большой и очень большой мощности.

Energetica 16 (1968), No. 6, стр. 270–275

ДК 621.311.42.003

Рашку, П.: **Интересные технические решения, применяемые в проекте трансформаторной станции 220/110/20 (15) кв Аржеш**

Приводится ряд специфических условий по выполнению трансформаторной станции Аржеш и ряд интересных принятых решений, позволяющих осуществить значительную экономию площади и капиталовложений. Обсуждается также решение отдельных вопросов монтажа и эксплуатации.

Energetica 16 (1968), No. 6, стр. 276–281

ЭНЕРГЕТИКА ЗА РУБЕЖОМ

ДК 621.311.21

Фокша, Вл.: **Гидроэлектростанция Сейтеваре, в Швеции.**

Energetica 16 (1968), No. 6, стр. 282–287

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.165–253

Georgescu, Al. und *Iftime, P.*: **Ausrichtungsverfahren für Dampfturbinenläufer**

Es werden Ursachen remanenter Verkrümmungen von Dampfturbinenläufern erörtert und mechanische, thermische, thermomechanische Verfahren für Ausrichtung der Läufer beschrieben.

Energetica 16 (1968), H. 6, S. 245–252

DK 621.565.93

Oancea, N.: **Thermodynamischer Wirkungsgrad von Kühltürmen**

Es wird der Einfluss verschiedener Kühlbedingungen auf den theoretischen Wirkungsgrad von Wärmezyklus untersucht.

Energetica 16 (1968), H. 6, S. 252–257

DK 621.31.035.5 : 621.59

Constantinescu, E.: **Energiewirtschaftliche Anwendung sehr tief gekühlter elektrischer Leiter**

Energetica 16 (1968), H. 6, S. 257–262

DK 621.311.18

Horodniceanu, M. und *Liber, D.*: **Gleichstrom-Eigenverbrauchsanlagen in Kraftwerken**

Betrachtung über gegenwärtige Auffassungen und Zukunftsaussichten der Auslegung von Gleichstrom-Eigenverbrauchsanlagen aus Kraftwerken.

Energetica 16 (1968), H. 6, S. 262–269

DK 621.311.001.24

Pătrăşescu, Dr.: **Spezifische Fragen der Eigenverbrauchsanlagen in Grosskraftwerken**

Es werden einige bei Planung von Eigenverbrauchsanlagen von Dampfkraftwerken mit grossen und sehr grossen Sätzen in betracht zu ziehende Merkmale erörtert.

Energetica 16 (1968), H. 6, S. 270–275

DK 621.311.42.003

Raşcu, P.: **Interessante technische Lösungen im Projekt der 220/110/20(15) kV Umspannanlage Argeş**

Es werden einige für den Bau der Umspannanlage Argeş eigentümlichen Bedingungen eingeführt und die entsprechende Auslegung beschrieben, wodurch beträchtliche Einsparungen an Grundfläche und Investitionskosten ermöglicht wurden. Es werden auch einige Fragen der Montage und des Betriebs der Anlage erörtert.

Energetica 16 (1968), H. 6, S. 276–281

ENRGIEWIRTSCHAFT IM AUSLAND

DK 621.311.21

Focşa, Vl.: **Das Wasserkraftwerk Seitevare aus Schweden**

Energetica 16 (1968), H. 6, S. 282–287

SOMMAIRE

CD 621.165–253

Georgescu, Al. et *Iftime, P.* : **Méthodes de rectification des rotors de turbines à vapeur**

On présente les causes provoquant la courbure definitive des arbres de turbines à vapeur et on décrit les méthodes utilisées pour le redressement : soit mecaniques, thermiques, thermomecaniques et relaxage.

Energetica 16 (1968), no. 6, p. 245–252

CD 621.565.93

Oancea, N. : **Le rendement thermodynamique des tours de réfrigeration**

L'auteur examine l'influence de differentes conditions de refroidissement sur le rendement theorique d'un cycle thermique.

Energetica 16 (1968), no. 6, p. 252–257

CD 621.31.035.5 : 621.59

Constantinescu, E. : **L'emploi de conducteurs refroidis à très base température**

Energetica 16 (1968), no. 6, p. 257–262

CD 621.311.18

Horodniceanu, M. et *Liber, D.* : **Les services auxiliaires sous courant continu des centrales électriques**

L'article contient des considérations sur la conception actuelle et les tendances concernant la manière de resoudre le problème des services auxiliaires sous courant continu dans les centrales électriques.

Energetica 16 (1968), no. 6, p. 262–269

CD 621.311.001.24

Pătrăşescu, Dr. : **Problèmes spécifiques des services auxiliaires dans les centrales thermiques de grande puissance**

Voici quelques particularités de l'établissement des projets pour les services auxiliaires des centrales thermiques équipées avec des groupes de grande et de très grande puissance.

Energetica 16 (1968), no. 6, p. 270–275

CD 621.311.42.003

Raşcu, P. : **Solutions techniques interessantes appliquées dans le projet du poste de transformation 220/110/20(15) kV Argeş**

Il s'agit d'une série de conditions specifiques à l'éxecution du poste de transformation Argeş et des solutions intéressantes qui furent adoptées et permirent d'appréciables économies de terrain et d'investissement. L'auteur parle aussi de la solution donnée aux problèmes de montage et d'exploitation.

Energetica 16 (1968), no. 6, p. 276–281

L'ENERGETIQUE A L'ETRANGER

CD 621.311.21

Focşa, Vl. : **La centrale hydroélectrique de Seitevare (Suède)**

Energetica 16 (1968), no. 6, p. 282–287

CONTENTS

DC 621.165–253

Georgescu, Al. and *Iftime, P.* : **Some methods used to straighten the rotors of steam turbines**

The authors state what causes the lasting bend of steam turbine shafts and describe some methods used to straighten them, such as : mechanical, thermal, thermo-mechanical and relaxation.

Energetica 16 (1968), nr. 6, p. 245–252

DC 621.565.93

Oancea, N. : **The thermodynamic efficiency of coolling towers**

Here is examined the influence exerted by various cooling conditions upon the theoretical efficiency of a heat cycle.

Energetica 16 (1968), nr. 6, p. 252–257

DC 621.31.035.5 :621.59

Constantinescu, E. : **The employ of deep cooled conductors for electrical purposes**

Energetica 16 (1968), nr. 6, p. 257–262

DC 621.311.18

Horodniceanu, M. and *Liber, D.* : **D.C. auxiliaries in power stations**

Some considerations on the present conception and the trends concerning the design of d.c. auxiliaries for power stations

Energetica 16 (1968), nr. 6, p. 262–269

DC 621.311.001.24

Pătrăşescu, Dr. : **Problems specific to auxiliaries of high power thermal power stations**

The author presents some particularities arising in the design of auxiliary services for thermal power stations equipped with h.p. and wery high power sets.

Energetica 16 (1968), nr. 6, p 270–275

DC 621.311.42.003

Raşcu, P. : **Interesting technical solutions applied to the design of the 220/110/20(15) kV Argeş substation**

Several specific conditions attached to the building of Argeş transformer substation are reminded by the author who goes on by giving us a series of interesting solutions that were adopted and thus allowed to obtain appreciable economies of building area and investments. The solutions applied to some problems of assembly and operation are also examined.

Energetica 16 (1968), nr. 6, p. 276–281

ENERGETICS ABROAD

DC 621.311.21

Focşa, Vl. : **Seitevare hydroelectric power station (Sweden)**

Energetica 16 (1968), nr. 6, p. 282–287

Metode de îndreptare a rotoarelor turbinelor cu abur

Ing. Alex. Georgescu și ing. P. Iftime*

Una dintre defecțiunile grave ce apar în exploatarea turbinelor cu abur este curbarea remanentă a rotoarelor cu săgeți care depășesc limitele maxime admisibile — de circa 0,03—0,05 mm —, ceea ce duce la vibrații mărite, a căror amplitudine depinde de săgeata căpătată; deci, în cazul unor deformări importante, se impune oprirea imediată a turbinei, în caz contrar riscîndu-se producerea unor frecări ale paletelor rotorice și statorice, așa cum se arată în figura 1.

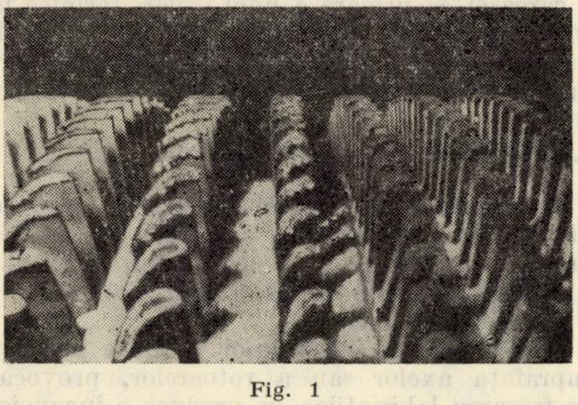


Fig. 1

1. Cauzele curbării remanente a rotoarelor

În timpul exploatării apar o serie de cauze care pot conduce la o încovoiere elastică și apoi la curbarea remanentă a rotoarelor.

Din astfel de cauze, de prelucrare, de exploatare și de montaj — care vor fi analizate ulterior — rotoarele pot prezenta încovoieri elastice, care dispar o dată cu cauza care le-a produs, și încovoieri remanente, care persistă după dispariția cauzei.

În timpul exploatării pot apărea unele încovoieri elastice cu valori ale săgeților peste valorile maxime admisibile, care să conducă la frecări locale ale axelor rotoarelor și să transforme aceste încovoieri elastice în încovoieri remanente, ca urmare a unor încălziri locale.

1.1. *Cauze termice și de prelucrare*

La execuția rotoarelor din oțeluri înalt aliate pot apărea defecte de material (de exemplu neomogenitatea acestuia pe întreaga suprafață laterală a rotoarelor și în interiorul lor), ceea ce creează condiții de transmitere neuniformă a căldurii, cu consecința încovoierii lor; astfel de încovoieri apar în special în regimurile tranzitorii de încălzire și dispar după uniformizarea temperaturilor.

O altă cauză care poate provoca încovoierea rotoarelor este cea a anizotropiei structurii materialului. În acest caz, neuniformitatea coeficientului de dilatare creează condițiile apariției unei încovoieri a rotorului în timpul perioadei de încălzire.

Mărimea deformărilor este proporțională cu variația temperaturii rotorului, valoarea lor putînd rămîne practic constantă chiar după o exploatare mai îndelungată. În timpul prelucrării mecanice a rotorului se pot introduce tensiuni locale.

În general, cauzele arătate anterior sînt detectate încă din timpul execuției rotorului de către fabricile constructoare (prin verificările care se execută de obicei cu ajutorul unei cutii termice Hester-Box *), încît în exploatare ele apar rar. Eliminarea acestor cauze constă în special în executarea unui tratament termic de omogenizare în cazul anizotropiilor, sau a unei egalizări pe strung în cazul constatării unor tensiuni locale rămase de la prelucrare.

1.2. *Cauze de exploatare*

În timpul exploatării se pot produce încovoieri ale rotoarelor dacă nu se respectă condițiile de exploatare impuse de fabricile constructoare sau de regulamente. Astfel, după oprirea unei turbine, dacă rotorul rămîne nemișcat, viteza de răcire a părții inferioare este mai mare decît cea a părții superioare, ceea ce duce la o diferență de temperatură; răcirea mai intensă a părții inferioare a rotorului produce încovoierea lui cu concavitatea în jos.

---

*) Alex. Georgescu este inginer la întreprinderea „Energoreparații”; Petru Iftime este inginer la D.G.P.T.E.E. — M.E.E.

*) Cutia termică Hester-Box este un cuptor care servește la încălzirea rotoarelor, în fabricile constructoare, pentru verificarea stabilității termice.

După o anumită perioadă de timp, în care se poate realiza o uniformizare a temperaturii în masa rotorului, deformarea acestuia dispare.

Mărimea încovoierii rotorului sub acțiunea diferenței de temperatură poate fi calculată cu aproximație folosind formula :

$$f = \frac{(t_s - t_i)\,\alpha \cdot l}{8\,d},$$

în care s-a notat cu :

l — lungimea rotorului, în cm ;
d — diametrul axului, în cm ;
$t_s - t_i$ — diferența de temperatură, în °C, între partea superioară și cea inferioară a rotorului (pentru calcule orientative se pot lua temperaturile carcaselor superioară și inferioară) ;
α — coeficientul de dilatare, care are valoarea de $1{,}1 \times 10^{-5}$.

Pentru a se evita încovoierea rotorului din această cauză, în perioada de oprire a turbinei, el se învîrtește cu ajutorul unui viror, obținîndu-se o răcire relativ uniformă.

În cazul pornirii turbinei înainte de îndreptarea completă a axului, agregatul poate avea vibrații de amplitudini mari, atît datorită dezechilibrului cît și atingerii părților rotorului de stator.

În perioada de pornire a unei turbine care nu are viror, sau cînd acesta nu este în funcțiune, în cazul în care se introduce abur la etanșările terminale fără ca rotorul să se învîrtească (sau cînd există scăpări ale armăturilor ce alimentează cu abur aceste etanșări), se poate produce încovoierea axului ca urmare a unei încălziri neuniforme.

De asemenea, rotoarele se pot încovoia atunci cînd are loc o pătrundere mai îndelungată de aer rece prin labirinții exteriori (în urma pornirii ejectoarelor și a nealimentării cu abur a labirinților).

Fabricile constructoare pentru a evita curbarea remanentă — ce ar rezulta din încălziri locale prin frecări — au adoptat o serie de soluții constructive, cum ar fi realizarea labirinților rotorici de la etanșările terminale sub formă de bucșe fixate pe ax, folosirea de labirinți statorici elastici (sectoare susținute de arcuri) etc. Chiar și cu aceste măsuri pot exista cazuri cînd, datorită unor încălziri locale excesive, se pot produce atingeri între rotoare și stator cu efecte grave și cu curbarea remanentă a axelor.

De asemenea, în exploatare pot apărea situații nedorite, ca pătrunderea de apă în turbină prin aburul viu, pătrunderea apei prin prizele nereglabile, o drenare necorespunzătoare a carcaselor inferioare și a conductelor de abur la pornirea turbinei etc., care pot duce la scăderea rapidă și neuniformă a temperaturii rotorului și carcaselor, cu consecința curbării sau încovoierii remanente a acestora.

1.3. *Cauze de montaj necorespunzător*

1.3.1. Valori mici ale interstițiilor la etanșări, din cauza ajustării necorespunzătoare a jocurilor la labirinți, fără a se avea în vedere dilatarea diferențiată a carcasei, mărimea săgeții normale a acestuia, precum și diferențele de dilatare ale suporturilor de lagăre. În aceste situații pot apărea frecări care să ducă la curbarea remanentă a rotoarelor.

1.3.2. Dilatarea necorespunzătoare a carcasei. În cazul blocării elementelor de ghidare a deplasării carcasei în timpul dilatării se poate produce deformarea părților statorice, anulîndu-se interstițiile existente față de rotor. Aceleași urmări le poate avea o centrare greșită a rotorului față de locașurile etanșărilor terminale. De asemenea, dilatarea neuniformă a carcasei ca urmare a unei izolări termice necorespunzătoare poate anula jocurile între elementele rotorice și statorice cu consecința producerii de frecări și încovoieri ale rotoarelor.

2. Metode de îndreptare a axelor

În cazul în care încovoierile provocate de diferite cauze conduc la solicitări ce depășesc limita de elasticitate a materialului, se produce o deformare permanentă a acestuia, respectiv o strîmbare a axei.

Astfel, ca urmare a unor încălziri locale pe suprafața axelor sau a rotoarelor, provocate de frecarea labirinților, se produce o încovoiere a axului turbinei, cu convexitatea în locul frecării. Apariția curburii intensifică frecarea, temperatura locală crește, accentuîndu-se în continuare curbura axului.

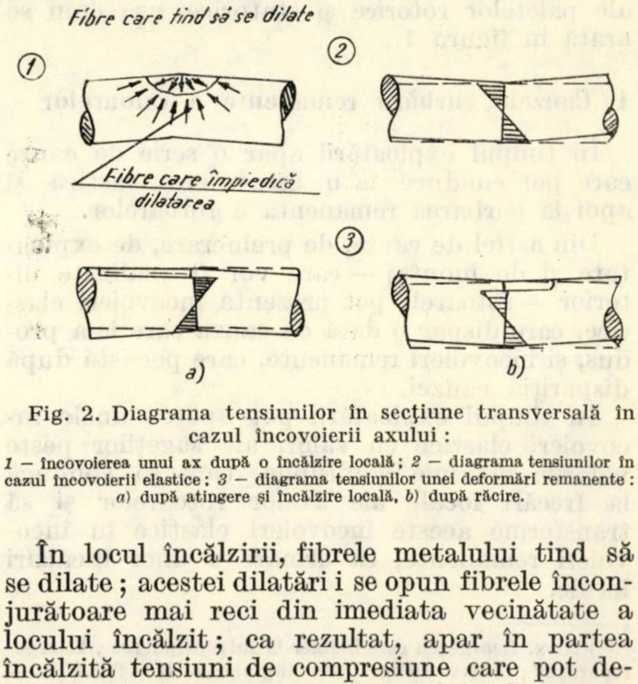


Fig. 2. Diagrama tensiunilor în secțiune transversală în cazul încovoierii axului :
1 — încovoierea unui ax după o încălzire locală ; *2* — diagrama tensiunilor în cazul încovoierii elastice ; *3* — diagrama tensiunilor unei deformări remanente : *a)* după atingere și încălzire locală, *b)* după răcire.

În locul încălzirii, fibrele metalului tind să se dilate ; acestei dilatări i se opun fibrele înconjurătoare mai reci din imediata vecinătate a locului încălzit ; ca rezultat, apar în partea încălzită tensiuni de compresiune care pot depăși limita de curgere a materialului la temperatura respectivă. După răcire, ca urmare a deformaţiilor remanente ce apar, axul se curbează dimetral opus locului de atingere, astfel încît porţiunea de ax deteriorată prin frecare apare pe partea concavă a curburii. În figura 2 sînt reprezentate variaţiile eforturilor unitare în secţiunea unui ax ce s-a curbat din cauza unei încălziri locale.

2.1. *Verificarea deformării rotoarelor şi construcţia grafică a curbei de încovoiere*

Măsurarea săgeţii „bătăii" rotorului este indicat să se facă în carcasă pe lagărele proprii. Înainte de executarea măsurătorilor se va face controlul stabilităţii lagărelor în batiu şi al neatingerii de elementele statorice: labirinţii etanşărilor terminale şi intermediare, labirinţii de pe bandaj etc. Pentru a se evita deplasările axiale în timpul rotirii pentru măsurători, rotorul se va fixa cu ajutorul unor opritori din cupru; de asemenea se va măsura ovalitatea şi conicitatea fusurilor cu ajutorul unui micrometru.

Măsurarea „bătăii" se va executa cu un ceas comparator susţinut într-un suport normal, sau, acolo unde este necesar, într-un suport special executat, pentru a avea acces între discurile rotorului.

De-a lungul axului, locurile de măsurare se vor alege astfel încît între ele să existe o distanţă de 300—400 mm. Se consideră o generatoare de referinţă, fiecare măsurătoare pornind cu punct „zero" pe această generatoare. Măsurarea bătăii axului se va nota în mai multe puncte pentru aceeaşi circumferinţă. Punctele de măsură de-a lungul axului se vor găsi pe generatoarele ce trec prin găurile şuruburilor pentru strîngerea semicuplelor, respectînd aceeaşi numerotare cu acestea. Acest fel de notare creează posibilitatea unei mai uşoare urmăriri atît a rezultatelor obţinute în timpul operaţiei de îndreptare a axului, cît şi a evoluţiei deformării interioare a rotorului pe timpul exploatării agregatului.

Cu datele obţinute se construieşte graficul încovoierii axului (fig. 3).

Dacă rotorul prezintă deformări în mai multe plane, pentru fiecare plan în parte se va construi graficul curbei de încovoiere.

La rotoarele-tambur, asamblate prin cordoane de sudură, trebuie acordată o atenţie deosebită formei curbei de încovoiere, deoarece în multe cazuri încovoierea constatată este de fapt o frîngere a axei ca urmare a slăbirii (uneori chiar fisurării) uneia din asamblări.

2.2. *Operaţii pregătitoare în vederea îndreptării axului*

După determinarea precisă a valorii maxime a încovoierii şi construirea graficului, se va executa un control minuţios în vederea detectării eventualelor cauze ce pot influenţa mărimea încovoierii, cum ar fi lipsa jocului pentru dilatare, între piesele fretate pe ax, înfundarea acestor spaţii cu săruri etc.

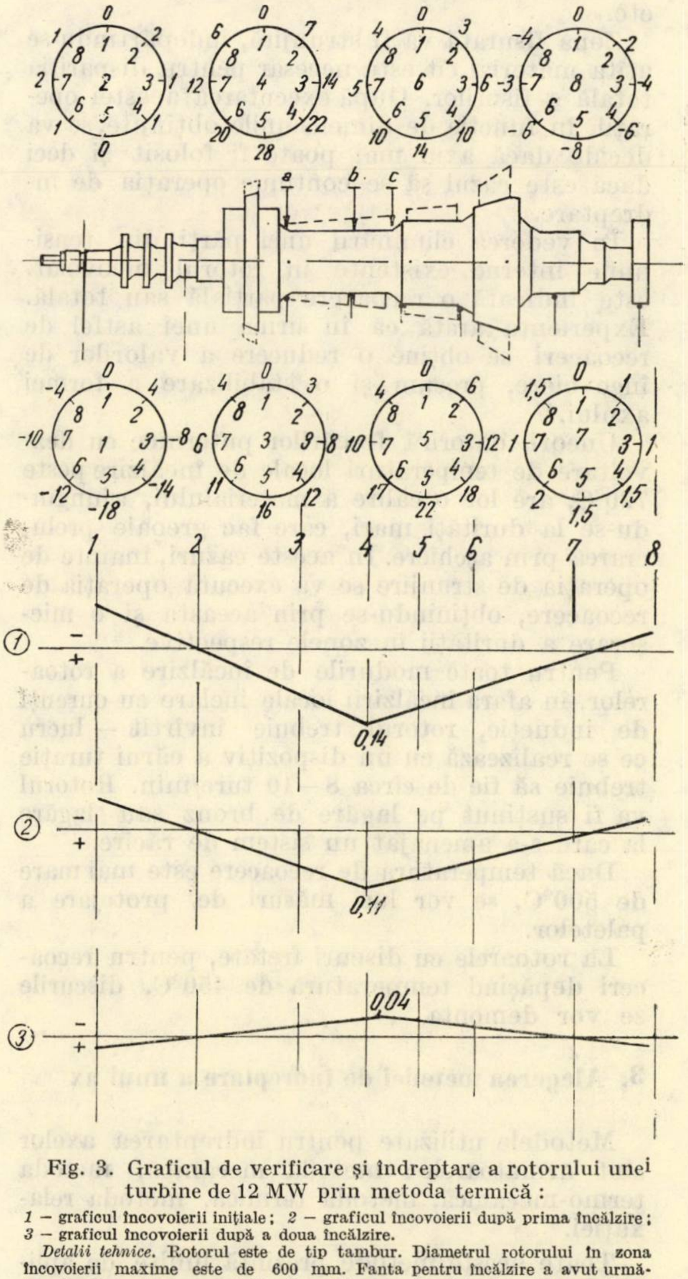


Fig. 3. Graficul de verificare şi îndreptare a rotorului unei turbine de 12 MW prin metoda termică:

1 — graficul încovoierii iniţiale; *2* — graficul încovoierii după prima încălzire; *3* — graficul încovoierii după a doua încălzire.

Detalii tehnice. Rotorul este de tip tambur. Diametrul rotorului în zona încovoierii maxime este de 600 mm. Fanta pentru încălzire a avut următoarele dimensiuni: *a* — 0,25, *D* — 150 mm; *b* — 0,1, *D* — 600 mm. Două încălziri efectuate în zona *b*, cu timp de 20—25 min, nu au dat rezultat. Explicaţia a constatat în prezenţa fibrei continue la o adîncime mare (egală cu adîncimea canalelor de încastrare ale paletelor).

Următoarele încălziri s-au executat în zonele *a* şi *c*.

— *Încălzirea din zona a*: timpul de încălzire 20 min; temperatura metalului în zona încălzită 650°C. Deformările capetelor axului în timpul încălzirii: la cuplă 0,30 mm, la regulator 0,60 mm. Încovoierea remanentă 0,11 mm.

— *Încălzirea în zona* c: timpul de încălzire 15 min; temperatura metalului în zona încălzită 600°C. Deformările capătului axului în timpul încălzirii la cuplă 0,25 mm, la regulator 0,35 mm. Încovoierea remanentă 0,04 mm. Tratamentul termic s-a aplicat local, obţinîndu-se în final o săgeată remanentă de 0,03 mm.

Încovoierea maximă se poate produce uneori sub una din piesele fixe pe ax, ca discuri, bucşe de labirinţi etc. În acest caz, piesele respective vor fi demontate.

Dacă axul prezintă zone de atingeri şi frecări, aceste zone vor fi controlate în vederea detectării existenţei unor eventuale fisuri prin metode cunoscute, cum ar fi : atac cu acizi, tratare cu soluţii penetrante, roentgenoscopie etc.

Zona fisurată va fi strunjită, îndepărtîndu-se atîta material cît este necesar pentru dispariţia totală a fisurilor. După executarea acestei operaţii, în funcţie de dimensiunile obţinute, se va decide dacă axul mai poate fi folosit şi deci dacă este cazul să se continue operaţia de îndreptare.

În vederea eliminării unei părţi din tensiunile interne existente în rotorul încovoiat, este indicată o recoacere parţială sau totală. Experienţa arată că în urma unei astfel de recoaceri se obţine o reducere a valorilor de încovoiere, precum şi o stabilizare a formei axului.

Uneori, datorită frecărilor puternice cu dezvoltare de temperaturi locale de încălzire peste 720°C, are loc o călire a materialului, ajungîndu-se la durităţi mari, care fac greoaie prelucrarea prin aşchiere. În aceste cazuri, înainte de operaţia de strunjire se va executa operaţia de recoacere, obţinîndu-se prin aceasta şi o micşorare a durităţii în zonele respective.

Pentru toate modurile de încălzire a rotoarelor, în afara încălzirii locale inelare cu curenţi de inducţie, rotorul trebuie învîrtit — lucru ce se realizează cu un dispozitiv a cărui turaţie trebuie să fie de circa 8—10 ture/min. Rotorul va fi susţinut pe lagăre de bronz sau lagăre la care s-a amenajat un sistem de răcire.

Dacă temperatura de recoacere este mai mare de 500°C, se vor lua măsuri de protejare a paletelor.

La rotoarele cu discuri fretate, pentru recoaceri depăşind temperatura de 450°C, discurile se vor demonta.

3. Alegerea metodei de îndreptare a unui ax

Metodele utilizate pentru îndreptarea axelor sînt următoarele : metoda mecanică, metoda termo-mecanică, metoda termică, metoda relaxaţiei.

Toate aceste metode prezintă limite de aplicare impuse de : mărimea valorii încovoierii, diametrul şi lungimea axului, materialul din care este confecţionat axul, construcţia rotorului, gradul de avariere prin atingere.

Metoda mecanică este folosită în cazul îndreptării axelor rotoarelor de generatoare, acolo unde nu se poate efectua o încălzire la temperaturi mari.

Metoda termică este recomandată pentru eliminarea încovoierilor cu săgeţi avînd valori mai mici de 1 mm, la axele care nu prezintă frecări. Nu este recomandată în cazul rotoarelor executate din oţeluri bogat aliate, cu limita de curgere ridicată (mai mare de 30 kg/mm^2).

Metoda termomecanică se aplică la axe cu încovoieri a căror săgeată poate să aibă valori pînă la 1—1,2 mm şi zone de atingeri, cu mărirea durităţii materialului.

Metoda relaxaţiei se aplică în cazurile de deformare cu săgeţi apreciabile şi de deteriorări considerabile ale suprafeţei axului în urma atingerilor.

3.1. *Îndreptarea mecanică a axelor*

Se foloseşte în cazuri cu totul excepţionale, la axe a căror temperatură de încălzire este limitată la valori mici, de exemplu din cauza materialelor izolatoare ale bobinajului la rotoarele de generator, precum şi datorită faptului că materialul folosit la executarea acestor rotoare la agregatele moderne este în general un oţel cu Cr, Ni şi Mo, care nu suportă încălziri locale, iar întinderea fibrelor pe cale mecanică se face fără eforturi deosebite.

Rotorul este aşezat cu partea concavă în sus şi, cu ajutorul a două cricuri fixate la capete, este ridicat de pe lagăre (fig. 4). Capetele rotorului sînt uşor tensionate, prin intermediul unor traverse prevăzute cu şuruburi de strîngere. Se va căuta pe cît posibil ca dispunerea cricului şi a traversei să se facă în aşa fel încît concavitatea să se găsească între punctele de sprijin. Tensionarea este cu atît mai eficientă cu cît raportul dintre distanţa de la punctul maxim de încovoiere la punctul de sprijin al cricului, respectiv al traversei, este mai mare.

Scula folosită pentru îndreptare este un ciocan (fig. 4), avînd forma unei dălţi late de 30—40 mm, cu o grosime de 8—10 mm. Suprafaţa de lucru este prelucrată la o rază mai mare decît raza axului. Toate muchiile suprafeţei de lucru vor fi rotunjite.

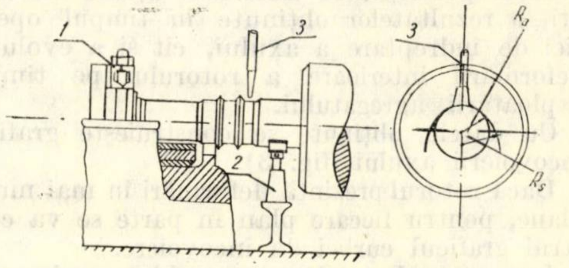


Fig. 4. Dispozitiv pentru îndreptarea axelor prin metoda mecanică :

1 — dispozitiv pentru tensionare ; *2* — cric ; *3* — ştemuitor ; R_a — raza axului ; R_s — raza ştemuitorului ($R_s \approx 1{,}25\ R_a$).

Zona de acţionare de pe ax trebuie aleasă în apropierea locului de deformare maximă, pe suprafeţele pe care nu lucrează nimic.

După 10—15 lovituri, rotorul este lăsat pe lagăre şi se verifică curba de încovoiere comparativ cu cea iniţială. Mărimea revenirii constituie elementul indicator pentru continuarea pe mai departe a operaţiei. Axul se consideră îndreptat cînd se obţine o săgeată de sens invers deformării iniţiale, avînd o valoare de 0,03–0,05 mm.

Ajungînd la această valoare, porţiunea pe care s-au produs loviturile va fi rectificată printr-o pilire uşoară.

3.2. *Îndreptarea prim metoda termică*

Metoda termică de îndreptare este simplă, nu comportă instalaţii complicate şi necesită un timp relativ scurt. Se execută în condiţii bune cu rotorul aşezat în lagărele proprii.

Această metodă foloseşte, pentru eliminarea încovoierii axului, chiar forţele care au provocat deformarea. Rotorul este încălzit local, o durată scurtă de timp, în partea convexă deformării maxime. Se introduc astfel în stratul încălzit al axului tensiuni mai mari decît limita de curgere. Intensitatea încălzirii depinde de mărimea săgeţii şi de rezistenţa metalului.

Reuşita îndreptării depinde de grosimea stratului de metal deformat. Mărimea eforturilor necesare pentru îndreptarea axului se poate regla pe două căi : prin mărirea suprafeţei încălzite şi prin mărirea stratului de metal încălzit.

Zona de încălzire se dimensionează în funcţie de diametrul axului. Lungimea ferestrei pentru încălzire se poate determina cu următoarea relaţie :

$$l = 0,25 \times \pi \times D_{ax},$$

unde D_{ax} este diametrul axului ; lăţimea ferestrei se ia egală cu 0,1 D_{ax}.

Eficienţa încălzirii stratului în adîncime — element care influenţează stabilitatea formei axului după îndreptare — poate fi mărită prin protejarea axului cu ajutorul unui înveliş de tablă căptuşită cu azbest, în care se practică o fereastră de dimensiunile arătate mai sus, precum şi prin folosirea unor arzătoare de dimensiuni mici, de exemplu nr. = 4 sau nr. =5, ceea ce duce la creşterea timpului de încălzire.

Înainte de începerea încălzirii, rotorul este aşezat cu convexitatea în sus. La capetele libere ale axului se montează cîte un comparator pe care se vor urmări efectele deformărilor realizate în timpul încălzirii.

Timpii informativi pentru prima încălzire sînt arătaţi în tabela 1. Temperatura de lucru pentru încălzire este de circa 600–650°C.

Încălzirea trebuie executată de la centrul ferestrei către marginea acesteia, cu arzătorul în continuă mişcare, pentru a evita supraîncălziri locale. După încetarea încălzirii, fereastra se va acoperi cu azbest pînă la scăderea temperaturii sub 100°C. La atingerea temperaturi de 60–70°C, se poate forţa răcirea prin suflarea locului încălzit cu aer comprimat.

Măsurătorile de verificare a încovoierii restante se execută numai după răcirea definitivă a axului.

După prima încălzire, în funcţie de valoarea de îndreptare obţinută, se va determina timpul efectiv necesar operaţiei de îndreptare. Încălzirile trebuie executate în regiunile cu convexităţi maxime, între locurile de încălzire trebuind să existe o distanţă cel puţin egală cu jumătate din lăţimea fantei de încălzire.

În cazul în care încălzirea se face în acelaşi loc, a doua încălzire va fi eficientă numai dacă timpul va fi mărit cu 40–50%. Nu se recomandă mai mult de două încălziri în acelaşi loc.

La rotoarele care prezintă deformarea pe o singură generatoare avînd mai multe maxime, încălzirile se pot executa succesiv pentru toate punctele de maxim, fără să se aştepte răcirea completă a locurilor încălzite anterior. Pentru deformări în mai multe plane, acest mod de lucru nu este recomandabil.

După ultima încălzire, rotorul trebuie să prezinte o deformare de sens invers, cu o valoare

Tabela 1

Timpul orientativ pentru prima încălzire la îndreptarea axelor (în minute)

Diametrul axului, mm	Mărimea încovoierii axului, mm												
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6
100	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
150	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
200	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0
250	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0
300	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0
350	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0

în funcţie de săgeata iniţială, cuprinsă între 0,05 şi 0,15 mm.

Recoacerea pentru îndepărtarea tensiunilor semnalate se poate face total sau parţial la o temperatură cu 50—75°C mai mare decît temperatura normală de funcţionare în turbină. Verificarea rotorului după această operaţie indică stabilitatea formei rotorului.

Un exemplu de desfăşurare tehnologică a unei îndreptări prin metoda termică este arătat în figura 3.

3.3. *Metoda termomecanică*

Combinarea metodei termice de îndreptare a rotoarelor cu introducerea prealabilă a unor tensiuni pe cale mecanică în axul încovoiat constituie metoda termomecanică.

Rotorul se aşază cu partea convexă în sus, de preferinţă pe lagărele proprii în carcasă. Cu ajutorul unui dispozitiv fixat de carcasa turbinei se execută o apăsare prin intermediul unui adaos de cupru, în imediata vecinătate a locului unde se va executa încălzirea axului. Deformarea mecanică a axului se urmăreşte cu ajutorul a două comparatoare fixate la extremităţile axului.

Încălzirea se face conform tehnologiei arătate la metoda termică de îndreptare. Prin încălzire axul tinde să-şi mărească convexitatea; întîlnind o rezistenţă în efortul de presare realizat prin dispozitivul amintit, materialul în locul de încălzire depăşeşte limita de curgere mai devreme decît în cazul încălzirii simple, grăbindu-se procesul îndreptării. Axul se eliberează de sub presă pentru verificare numai după răcirea lui definitivă.

Această metodă de îndreptare este eficientă chiar numai după o singură încălzire, dar rămîn în mare măsură tensiuni remanente în ax care fac posibil ca să reapară deformarea după recoacere. Dacă după trei încălziri axul nu se îndreaptă pînă la toleranţele necesare, îndreptarea axului în continuare se va executa prin metoda relaxaţiei.

3.4. *Metoda relaxaţiei*

Această metodă se bazează pe fenomenul de oboseală şi relaxaţie.

Oboseala este proprietatea pe care o are un material să se deformeze plastic, continuu în timp, sub influenţa unei sarcini constante.

Prin relaxaţie se înţelege fenomenul de scădere a tensiunilor din material cu trecerea de la deformaţie elastică la deformaţie plastică pentru o mărime constantă a deformaţiei.

Dacă se notează tensiunea iniţială cu δ_1 şi cea finală cu δ_2, relaxaţia tensiunilor raportate la tensiunea iniţială şi exprimată în procente va fi:

$$\eta = \frac{\delta_1 - \delta_2}{\delta_1} \times 100 \quad [\%].$$

Vieza de relaxaţie la oţeluri creşte o dată cu creşterea temperaturii (tabela 2).

La acţiunea unei forţe exterioare, deformaţia totală ce poate apărea într-un material, notată cu S_0, va fi suma deformaţiei elastice S_e şi a deformaţiei plastice S_p.

Tabela 2

Caracteristicile oţelurilor la relaxaţie (%)

Marca oţelului	Timp de menţinere la temperatura maximă	Temperatura, °C 450	550	600	650
35	1	30	60	70	90
	5	36	66	76	92
	10	40	70	85	94
40	1	28	66	74	90
	5	40	71	77	92
	10	45	73	84	94
25 H (30 H)	1	24	66	86	90
	5	30	79	89	92
	10	33	82	90	94
24 X M	1	20	69	85	90
	5	28	80	91	93
	10	34	82	93	95
2 X M U	1	20	28	63	86
	5	24	33	68	92
	10	26	35	76	94
30 X H 3 M	1	36	58	77	90
	5	48	66	80	93
	10	41	70	90	96
25 H M	1	60	69	83	92
	5	70	75	88	94
	10	73	82	92	95
30 X M	1	63	79	94	
	5	62	76	90	
	10	64	79	94	

Tensiunea introdusă în material în acest caz va depinde de mărimea deformaţiei elastice.

Folosind elementele arătate, îndreptarea axelor prin metoda relaxaţiei constă în aceea că rotorul se supune la o încălzire pe toată circumferinţa în zona încovoierii maxime pînă la o temperatură de 600—650°C, urmată de o tensionare cu ajutorul unui dispozitiv care apasă pe partea convexă a curburii. După un timp de menţinere în această stare, o parte a deformaţiei elastice trece în deformaţie plastică remanentă. Deoarece tensiunea depinde de mărimea deformaţiei elastice, o dată cu trecerea acesteia în deformaţie plastică se produce şi micşorarea tensiunii iniţiale. Relaxaţia totală eliminînd complet tensiunile, nu prezintă pericolul unei instabilităţi a formei axului.

În timpul îndreptării prin această metodă nu apar tensiuni periculoase în material.

Coborîrea limitei de curgere a materialului axului în zona de încălzire permite să se considere că, la aplicarea unei forțe exterioare, deformații plastice ale materialului vor apărea în primul rînd în această zonă. Sarcina necesară obținerii tensiunii în zona încălzită se poate determina pentru o temperatură și un timp anumit, astfel încît tensiunea introdusă să fie mai mică decît limita de curgere a materialului pentru starea de încălzire a sa, iar axul, în orice altă secțiune a sa în momentul aplicării sarcinii, să se deformeze elastic.

Mărimea tensiunii în secțiunea de îndreptare se ia pînă la 5 kg/mm² și pentru ea se calculează mărimea forței necesare, considerînd axul ca o grindă sprijinită pe două reazeme.

Determinarea forței necesare sau a săgeții de încovoiere a axului se face cu ajutorul nomogramelor redate în figurile 5 și 6 conform [1]. Aceste nomograme s-au calculat fără a se lua în considerare greutatea proprie a rotorului.

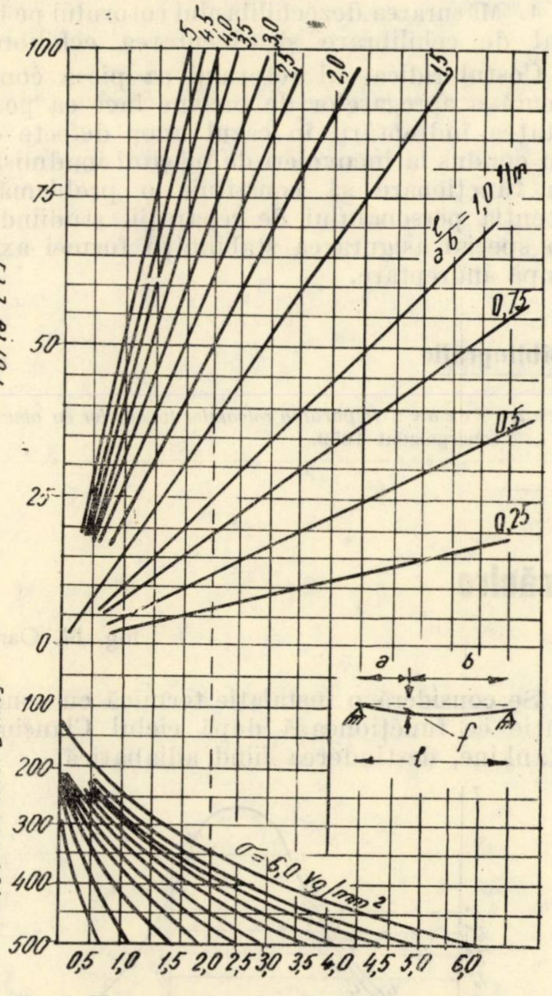


Fig. 5. Nomogramă pentru determinarea forței.

Pentru o desfășurare normală a procesului de îndreptare se va executa un control în regim termic normal. Se măsoară cu precizie încovoierea axului înainte și după menținerea în stare încălzită, determinîndu-se astfel încovoierea elastică și cea remanentă.

Se verifică astfel datele adoptate preliminar, stabilindu-se în continuare procesul de îndreptare.

Încălzirea axului se poate executa parțial cu ajutorul unor dispozitive speciale de încălzire cu curenți de înaltă frecvență, cu gaze sau total în cuptoare special amenajate. Temperaturile maxime de încălzire pentru diferite mărci de oțeluri sînt arătate în tabela 3, iar în tabela 4 sînt indicate vitezele de încălzire pentru diferite cazuri.

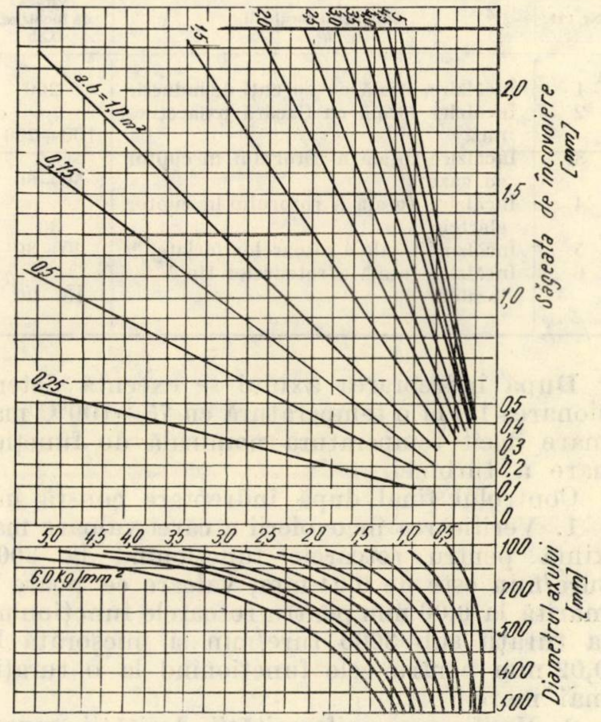


Fig. 6. Nomogramă pentru determinarea săgeții

Pentru sistemele de încălzire care nu asigură un cîmp circular cu temperatură uniformă, se impune rotirea axului cu o viteză de 5—6 ture/min, atît în timpul încălzirii înainte de tensionare cît și în timpul răcirii.

Tabela 3

Marca oțelului	Punct critic inferior de călire, °C	Temperatura maximă admisă, °C
35	725	650
40	735	650
25 H (30 H)	730	630
24 χ M (OXM)	750	660
35 X Hu (OXHln)	730	650
30 X H 3 M (OX H3M)	715—720	640

În funcție de caracterul și locul defectului, de marca oțelului și de construcție, se alege temperatura de încălzire și de răcire și de asemenea timpul de menținere la temperatura maximă.

Dacă prima și a doua îndreptare nu au dat rezultatele dorite, se mărește timpul de menținere la temperatură maximă, iar în cazul încălzirii prin curenți de inducție, încălzirea se prelungește și după tensionarea axului.

Tabela 4

Nr. crt.	Caracterul încălzirii	Viteza de încălzire, °C/h
1	Încălzire locală cu curenți de inducție	200
2	Încălzire locală cu flacără oxiacetilenică	100—200
3	Încălzire totală a rotorului în cuptor cu gaze	50—60
4	Încălzire totală a rotorului în cuptor electric	30
5	Încălzire totală a rotoarelor forjate	20—30
6	Încălzire totală a rotoarelor tip tambur	15—20

După îndreptarea axului se execută detensionarea lui la o temperatură cu 75—100°C mai mare decît temperatura nominală de funcționare a turbinei.

Controlul final după îndreptare constă în :

1. Verificarea încovoierii a cărei valoare maximă pentru rotoarele funcționînd la 3000 ture/min este de 0,04 mm, valoare ce poate fi mărită la 0,06 mm pentru rotoarele funcționînd la turații sub 3000 ture/min și micșorată la 0,02 mm pentru cele funcționînd la o turație mai mare.

2. Verificarea uniformității durității suprafeței axului. Diferența de duritate între zona care a suferit îndreptarea și restul suprafeței axului nu trebuie să fie mai mare de 20 H_B.

3. Verificarea suprafeței zonei care a fost încovoiată în vederea detectării prezenței fisurilor.

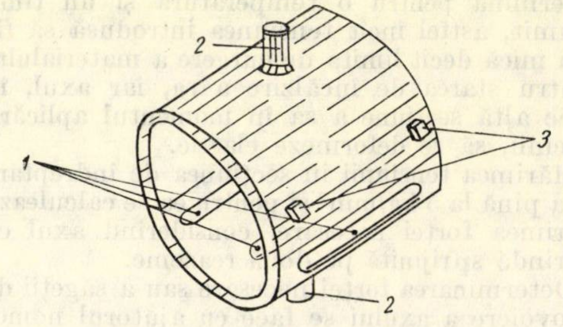


Fig. 7. Carcasă pentru încălzirea autogenă a axului :

1 — fantă pentru introducerea arzătorului ; *2* — locaș pentru fixarea termocuplelor ; *3* — legături în secțiunea de separație.

4. Măsurarea dezechilibrului rotorului pe bancul de echilibrare și executarea echilibrării.

Costul ridicat al rotorului ca piesă componentă a agregatelor de turbine face ca posibilitatea îndreptării în cazul unor defecte care au condus la încovoieri de mărimi inadmisibile în funcționare să constituie o problemă în atenția personalului de reparații, studiindu-se în special asigurarea stabilității formei axului după îndreptare.

Bibliografie

[1] Severov: *Repararea rotoarelor turbinelor cu abur.* Gosenergoizdat 1959.

Eficiența termodinamică a turnurilor de răcire

Ing. N. Oancea*

În centralele termoelectrice cu condensație, trebuie evacuată spre mediul ambiant o mare cantitate de energie neutilizabilă în ciclul respectiv, din cauza potențialului scăzut al acesteia.

Transportul acestei energii — în condensator, de la aburul ce se condensează la apa de răcire, și în turn, de la apa de răcire la mediul ambiant — se realizează prin trecere de căldură cu diferență finită de temperatură și prin difuzie, fenomene total ireversibile, motiv pentru care acest proces afectează ciclul cu o creștere de entropie, deci cu o scădere de randament.

Se consideră o instalație termică cu condensație ce funcționează după ciclul Clausius — Rankine, destinderea fiind adiabatică.

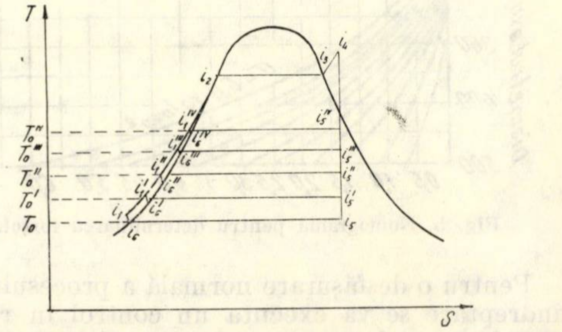


Fig. 1. Eficiența sistemului de răcire în diagrama $T-s$,

În cele ce urmează se fac ipoteze succesive, începînd cu cea ideală și încheind cu cele reale.

---

*) Nicolae Oancea este asistent la catedra de termotehnică a Institutului politehnic din Timișoara și inginer proiectant principal la I.S.P.E.

Cazul 1

În condensator se realizează temperatura $\underline{T}_0$. Pentru aceasta, debitul apei de răcire $\underline{G}_w$ din circuitul deschis trebuie să fie infinit.

Într-adevăr, transferul de căldură în condensator se realizează potrivit relației :

$$\underline{G}_w \cdot \underline{c}_w \cdot \Delta \underline{T} = D\,(\underline{i}_5 - \underline{i}_6) \ldots \tag{1}$$

Pentru ca ΔT să fie 0, G_w trebuie să fie infinit.

Randamentul termic al ciclului va fi :

$$\eta_t = \frac{i_4 - i_5}{i_4 - i_1}. \tag{2}$$

Pentru simplificare se va considera că $i_1 = i_6$, și că această valoare nu se schimbă în funcție de temperatura de condensare, cea ce nu introduce o eroare de natură să modifice concluziile.

Cazul 2

Debitul de apă de răcire este finit. În acest caz, temperatura din condensator va fi mai mare decît $\underline{T}_0$, cu δT, iar apa se va încălzi cu ΔT_0.

$$\underline{T}_0' = \underline{T}_0 + \Delta \underline{T}, \tag{3}$$

$$\Delta \underline{T}_0 = \frac{D\,(i_5 - i_6)}{G_w \cdot c_w}. \tag{4}$$

Cu aproximație se poate spune că :

$$\delta T \approx \frac{\Delta T_0}{2}. \tag{5}$$

Nivelul pînă la care energia se utilizează în ciclu este $\underline{i}_5'$, corespunzătoare temperaturii $\underline{T}_0'$ din condensator.

Randamentul termic al ciclului va fi cu aproximație :

$$\eta_{t'} = \frac{i_4 - i_5'}{i_4 - i_1'} \approx \frac{i_4 - i_5'}{i_4 - i_1}, \tag{6}$$

notînd :

$$\eta_{t'} = \eta_t - \Delta\eta'. \tag{8}$$

$\Delta\eta$ reprezintă tocmai micșorarea de randament generată de cantitatea finită de apă de răcire.

Cazul 3

Condensatorul este răcit în circuit deschis de un debit finit de apă de răcire, cu temperatura la intrare $\underline{T}_0$. Între fețele condensatorului există diferența finită de temperatură :

$$\underline{T}_0'' - \underline{T}_0' = \Delta \underline{T}', \tag{9}$$

ceea ce conduce la obținerea temperaturii $\underline{T}_0''$ în condensator.

$$\underline{T}_0'' = \underline{T}_0' + \Delta \underline{T}' = \underline{T}_0 + \Delta \underline{T} + \Delta \underline{T}'. \tag{10}$$

În mod corespunzător, randamentul ciclului va fi :

$$\eta_t'' = \frac{i_4 - i_5''}{i_4 - i_1''} \approx \frac{i_4 - i_5''}{i_4 - i_1}, \tag{11}$$

notînd :

$$\frac{i_5'' - i_5'}{i_4 - i_1} = \Delta\eta'', \tag{12}$$

$$\eta_t'' = \eta_t - \Delta\eta' - \Delta\eta''. \tag{13}$$

Căderea de temperatură din condensator introduce o nouă micșorare a randamentului, $\Delta\eta''$.

Cazul 4

Coincide cu cazul 3, dar în ipoteza condensatorului răcit în circuit închis. Evacuarea căldurii spre mediul ambiant se realizează printr-un turn de răcire.

Se neglijează consumul de energie al pompelor de circulație a apei, consumul de energie pentru vehicularea aerului prin turn și pierderile de masă (apa evaporată).

Se consideră turnul ca fiind un schimbător de căldură și masă ideal, care funcționează fără diferențe de potențial între nivelul energiilor agentului care cedează și ale agentului care primește căldură.

Acest caz este asemănător calitativ cu cazul 2. Aerul ce părăsește instalația are temperatura egală cu temperatura de intrare a apei și este complet saturat.

Se notează : entalpia aerului la intrare $\underline{i}_{L_1}$ $\left[\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}\right]$, entalpia aerului saturat la ieșire $\underline{i}_{L_2s}$ $\left[\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}\right]$, debitul de aer $\underline{G}_L$ $\left[\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{s}}\right]$ și temperatura apei la intrare în turn T_0''' [°K] – egală cu temperatura aerului ce părăsește turnul.

Bilanțul termic global al turnului are expresia :

$$G_L(i_{L_{2s}} - i_{L_1}) = G_w \cdot c_w \cdot \Delta T, \tag{14}$$

în care

$$i_{L_{2s}} = 1{,}006\ T_0''' + x_s'''\,(2500 + 1{,}683\ T_0''') \tag{15}$$

$$i_{L_1} = 1{,}006\ T_0 + x_0\,(2500 + 1{,}683\ T_0). \tag{16}$$

Introducînd relațiile (15) și (16) în relația (14), se obține :

$$G_L\,\{1{,}006\,(T_0''' - T_0) + (x_s''' - x_0)\,[2500 + \\ + 1{,}683\,(T_0''' - T_0)]\} = G_w \cdot c_w \cdot \Delta T. \tag{17}$$

În relația (17), $\underline{G}_L$, $\underline{T}_0$, $\underline{x}_0$, $\underline{G}_w$, $\underline{c}_w$, ΔT sînt mărimi impuse. Pentru a fi satisfăcută relația, $\underline{T}_0'''$ trebuie să aibă o anumită valoare.

În relația (14), pe măsură ce $\underline{G}_L$ crește, $\underline{i}_{L_{2s}} - \underline{i}_{L_1}$ scade. Atunci cînd $\underline{G}_L$ tinde către infinit

$$i_{L_2} - i_{L_1} = 0. \qquad (18)$$

$$1{,}006\ T_0 + x_0\,(2500 + 1{,}683\ T_0) =$$

$$= 1{,}006\ T_0''' + x_s'''\,(2500 + 1683\ T_0'''). \qquad (19)$$

Aerul la ieșirea din turn trebuie să aibă aceeași entalpie ca și aerul introdus în turn, dar trebuie să fie saturat. Temperatura sa în acest caz trebuie să scadă, deoarece $x_s > x_0$, T_0''' fiind tocmai temperatura termometrului umed.

Un turn de răcire ideal, prin care circulă un debit infinit de aer, poate răci apa pînă la temperatura termometrului umed.

Debitul finit al aerului ridică temperatura $\underline{T}_0'''$. Există un anumit debit de aer, $\underline{G}_{Lcr}$, pentru care apa are la intrare temperatura $\underline{T}_0'$, iar la ieșire tocmai temperatura $\underline{T}_0$. Acest caz corespunde din punctul de vedere al randamentului cu cazul 2.

Dacă $\underline{G}_L > \underline{G}_{Lcr}$, temperatura $\underline{T}_0'''$ crește și turnul de răcire introduce o scădere de randament față de funcționarea cu același debit de apă de răcire în circuit deschis.

Temperatura din condensator va fi :

$$\underline{T}_{0c} = \underline{T}_0''' + \Delta\underline{T}', \qquad (20)$$

$\Delta\underline{T}'$ fiind căderea de temperatură de pe fețele condensatorului.

Comparînd temperatura $\underline{T}_0'''$ realizată, cu temperatura T_0' obținută în cazul 2, rezultă :

$$\underline{T}_0''' = T_0' \pm \Delta T'', \qquad (21)$$

$\Delta T''$ fiind cantitatea cu care zona de răcire s-a deplasat în sus sau în jos.

Căderea de entalpie utilă din ciclu va fi ($\underline{i}_1 - \underline{i}_5'''$), $\underline{i}_5'''$ fiind entalpia corespunzătoare temperaturii $\underline{T}_{0c}$.

Randamentul termic al ciclului va fi :

$$\eta_t''' = \frac{i_4 - i_5'''}{i_4 - i_1'''} = \frac{i_4 - i_5'''}{i_4 - i_1}, \qquad (22)$$

notînd :

$$\frac{i_5''' - i_5'}{i_5 - i_1} = \Delta\,\eta_t''', \qquad (23)$$

$$\eta_t''' = \eta_t - \Delta\eta_t' \pm \Delta\eta_t'''. \qquad (24)$$

În relațiile (22—24) nu s-a ținut seamă de diferența finită de temperatură de pe fețele condensatorului, $\Delta\eta''$ fiind o pierdere de randament constantă, care se păstrează în toate cazurile.

Turnul de răcire poate introduce, potrivit relației (24), și o creștere de randament, deoarece s-a luat ca linie de referință temperatura mediului ambiant. În cazul în care $\underline{G}_L > \underline{G}_{Lcr}$, $\Delta\eta_t'''$ mărește randamentul ciclului.

Dacă s-ar fi considerat ca linie de referință temperatura termometrului umed, debitul finit al aerului de răcire ar fi introdus în toate cazurile o micșorare a randamentului ciclului.

Cazul 5

Se va considera aceeași situație ca și în cazul 4, cu deosebirea că turnul de răcire nu va mai funcționa fără diferențe de potențial între nivelul temperaturilor și al concentrațiilor. La ieșirea aerului din aparat va exista o diferență finită de temperatură între temperatura apei calde și temperatura aerului și între umiditatea la saturație corespunzătoare acestei temperaturi a apei calde și umiditatea aerului.

Acest caz corespunde funcționării reale a turnurilor de răcire.

Se notează temperatura apei cu $\underline{T}_0^{IV}$, temperatura aerului la ieșire $\underline{T}_L^{IV}$, umiditatea aerului la ieșire $\underline{x}_L^{IV}$ și entalpia aerului $\underline{i}_L^{IV}$.

Comparînd cazul 5 cu cazul 4, se pot face următoarele interpretări :

1. În cazul 5, zona de răcire a fost deplasată în sus, din cauza imperfecțiunii turnului. Entalpia aerului la ieșire este aceeași și în cazul turnului real și în cazul turnului perfect.

Entalpia aerului la temperatura T_0^{IV} este :

$$i_{L_s}^{IV} = 1{,}006\ T_0^{IV} + x_0^{IV}\,(2500 +$$

$$+ 1{,}683\ T_0^{IV}) \left[\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}\right] \qquad (25)$$

Entalpia aerului la intrare în turn :

$$i_{L_0} = 1{,}006\ T_0 + x_0\,(2500 +$$

$$+ 1{,}683\ T_0) \left[\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}\right]. \qquad (26)$$

Entalpia aerului la ieșirea din turn :

$$i_L^{IV} = 1{,}006\ T_L^{IV} + x_L^{IV}\,(2500 +$$

$$+ 1{,}683\ T_L^{IV}) \left[\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}\right]. \qquad (27)$$

Zona de răcire a fost deplasată în sus cu diferența :

$$T^{IV} = T_0^{IV} - T_0''.$$

Corespunzător acestei încălziri suplimentare a apei, căderea entalpiei utilă din ciclu se va micșora.

Randamentul termic al ciclului va fi :

$$\eta_t^{IV} = \frac{i_4 - i_5^{IV}}{i_4 - i_1^{IV}} \approx \frac{i_4 - i_5^{IV}}{i_4 - i_1}, \qquad (28)$$

notînd

$$\frac{i_5^{IV} - i_5'''}{i_5 - i_1} = \Delta\ \eta^{IV}, \qquad (29)$$

$$\eta_t^{IV} = \eta_t - \Delta\eta_t' \pm \Delta\eta_t''' - \Delta\eta_t^{IV}. \qquad (30)$$

Relația (29) permite calculul pierderilor de randament datorită imperfecțiunii turnului, calculînd în prealabil temperatura pe care ar fi avut-o apa și aerul dacă aerul ar fi părăsit instalația complet saturat (T_0''').

2. Pe de altă parte, se poate interpreta funcționarea turnului real și astfel:

Aerul părăsește instalația nesaturat și la o temperatură inferioară temperaturii apei. Se consideră acest caz ca și un turn perfect, din care s-a decupat partea superioară a aparatului, zonă în care s-ar fi produs încălzirea și saturarea aerului pînă la nivelul $\underline{x}_s^{IV}$ și $\underline{T}_0^{IV}$. Așadar, turnul real funcționează ca și un turn perfect cu o capacitate de încălzire nefolosită.

Raportul dintre capacitatea de transport termic realizată de turn și capacitatea de transport maximă (a turnului perfect) constituie o măsură calitativă a proceselor termice care au loc în turnurile de răcire.

Notînd $(\underline{i}_{L_s}^{IV} - \underline{i}_{L_1})$ capacitatea de transport a turnului perfect și $(\underline{i}_L^{IV} - \underline{i}_{L_1})$ capacitatea de transport a turnului real, se obține:

$$Z = \frac{i_L^{IV} - i_{L_1}}{i_{L_s}^{IV} - i_{L_1}}. \qquad (31)$$

Cifra Z este o mărime adimensională, care exclude celelalte influențe ce intervin în procesul de transport al căldurii spre mediul ambiant.

Concluzii

Potențialul-limită pînă la care ar putea fi utilizată energia dintr-un ciclu Clausius — Rankine, în cazul folosirii unui turn de răcire ideal, prin care circulă un debit infinit de aer — este temperatura termometrului umed (τ).

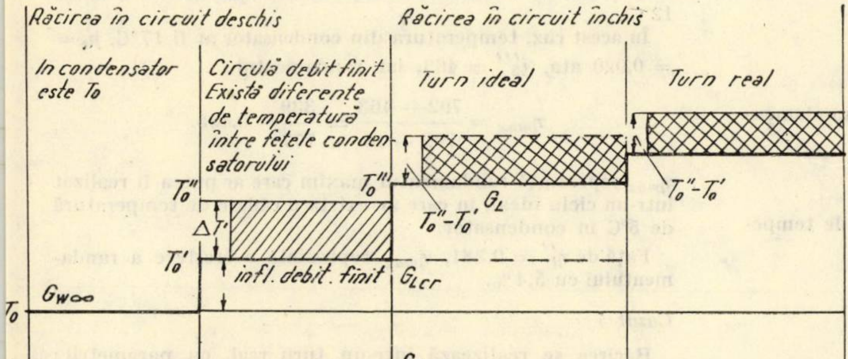


Fig. 2. Temperatura din condensator în cazurile 1—5.

Pornind de la acest nivel, peirderile de randament obținute într-un ciclu din cauza proceselor legate de evacuarea căldurii spre mediul ambiant se prezintă în figura 2, în care se observă că temperatura realizată în condensator constituie suprapunerea efectului mai multor factori.

Procesele diferă calitativ în cazul răcirii în circuit deschis față de cazul turnurilor de răcire, din cauza nivelului de referință: $\underline{T}_0$ în primul caz și $\underline{\tau}$ în al doilea caz.

Separarea efectului debitului finit al aerului de răcire de efectul calitativ al imperfecțiunii turnului de răcire asigură posibilitatea comparării turnurilor de răcire din punctul de vedere al eficienței acestora.

Pe de altă parte, cifra $\underline{Z}$ constituie o cifră caracteristică a turnului în sine, un indicator al măsurii în care este folosită capacitatea de evacuare a căldurii, oferită de aerul circulat prin turn.

Valorile mari ale investițiilor realizate în instalațiile de răcire justifică optimizarea acestora. Criteriile propuse permit compararea diverselor instalații, o mai ușoară sistematizare a cercetărilor experimentale și în același timp verificarea în exploatare a instalațiilor proiectate.

Pentru exemplificare se dă mai jos un exemplu numeric pentru cazul ciclului unei CNE, cu nivel de temperatură 450°C și presiune de abur 50 at.

Exemplu numeric

Parametrii instalației:

- presiunea din instalația de cazane 50 ata;
- temperatura de supraîncălzire 450 °C;
- destinderea se va considera izentropică.

Se compară următoarele cazuri:

1. Răcirea se realizează cu apă de rîu, de 20°C, cu debit infinit de apă de răcire.

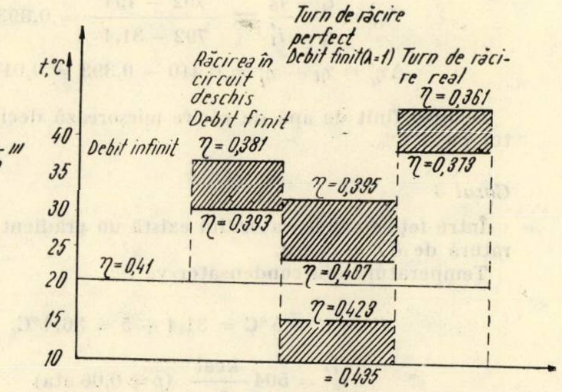


Fig. 3. Temperaturile și scăderile de randament realizate datorită evacuării căldurii spre mediul ambiant în cazul unui ciclu real Clausius — Rankine.

2. Răcirea se realizează cu apă de rîu, de 20°C, cu un modul de răcire 40.

3. Datele de la cazul 2; în plus se consideră o diferență de temperatură de 5° între fețele condensatorului.

4. Răcirea se realizează într-un turn de răcire perfect, alimentat cu aer la 20°C temperatura termometrului us-

cat şi 12°C temperatura termometrului umed. În turn, $\lambda = 1$.

5. Răcirea se efectuează într-un turn real, care realizează următorii parametri :

$$t_{w_2} = 30°\text{C};$$

$$t_{L_2} = 30°\text{C};$$

$$t_{LU_2} = 26{,}5\,°\text{C}.$$

Parametrii aerului la intrare sînt aceiaşi ca şi în cazul 4.

Cazul 1

În condensator se realizează o temperatură $t_0 = 20°\text{C}$; corespunzător va fi :

$$i_4 = 792\,\frac{\text{kcal}}{\text{kg}};\quad i_5 = 475\,\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}\ \ (p_5 = 0{,}02382 \text{ ata pentru } t = 20°\text{C})$$

$$i_1 = 20\,\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}\cdot$$

$$\eta_t = \frac{792 - 475}{792 - 20} = \frac{317}{772} = 0{,}410.$$

Cazul 2

Răcire în circuit deschis cu modul de răcire $m = 40$.

$$\Delta T = \frac{(475 - 20)}{40} = 11{,}4°\text{C}.$$

Temperatura din condensator :

$$t' = t_0 + \Delta T = 20 + 11{,}4\,°\text{C} = 31{,}4\,°\text{C}.$$

În mod corespunzător :

$$i_1' = 494\,\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$(p_c \Rightarrow 0{,}045 \text{ ata})\quad i_1' = 31{,}4\,\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$\eta_t' = \frac{i_4 - i_5'}{i_4 - i_1'} = \frac{792 - 494}{792 - 31{,}4} = 0{,}393$$

$$\Delta\eta_t' = \eta_t - \eta_t' = 0{,}410 - 0{,}393 = 0{,}017$$

Debitul finit de apă de răcire micşorează deci randamentul cu 1,7%.

Cazul 3

Între feţele condensatorului există un gradient de temperatură de $\delta T = 5$ grd.

Temperatura din condensator va fi :

$$t'' = t' + 5\,°\text{C} = 31{,}4 + 5 = 36{,}4\,°\text{C}.$$

$$i_5'' = 504\,\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}\quad (p \Rightarrow 0{,}06 \text{ ata})$$

$$i_1'' = 36{,}4\,\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$\eta_t = \frac{792 - 504}{792 - 36{,}4} = \frac{288}{755{,}6} = 0{,}381$$

$$\Delta\eta'' = \eta_t' - \eta_t'' = 0{,}393 - 0{,}381 = 0{,}012.$$

Datorită diferenţei de temperatură de pe feţele condensatorului, randamentul se micşorează cu 1,2%.

Cazul 4

Răcirea se realizează într-un turn perfect, în care aerul de răcire este la ieşire complet saturat şi încălzit la temperatura cu care intră apa. Debitul de aer circulat prin turn este egal cu debitul de apă : $D = G_2$; $\lambda = 1$.

Entalpia aerului la intrare :

$$i_{L_1} = 1{,}006.20 + 4.10^{-3}(2500 + 1{,}683.20) = 30{,}27\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right];$$

$$(i_{L_{2s}} - i_{L_1}) = (i_5''' - i_6)$$

$$i_5'' - i_6 \approx 504 - 36{,}4 = 467{,}6\,\frac{\text{kcal}}{\text{kg}} = 1942\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right];$$

în cazul exemplului :

$$i_{L_{2s}} = i_{L_1} + \frac{D}{G_L}(i_5'' - i_6) = i_{L_1} + (i_5'' - i_6);$$

$$i_{L_{2s}} = 30{,}27 + \frac{10\,000}{400\,000}\cdot 1942 = 30{,}27 + 49{,}20 =$$

$$= 79{,}47\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right]\cdot$$

Din diagramele de aer umed se extrage :

$$i_s = 79{,}47\,\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \Rightarrow t_s = 25{,}6\,°\text{C}.$$

Temperatura din condensator va fi :

$$t_0''' = 25{,}6 + 5 = 30{,}6\,°\text{C}$$

$$p \Rightarrow 0{,}0445 \text{ ata};\ i_5''' = 493\,\frac{\text{kcal}}{\text{kg}};\ i_1''' = 30{,}6\,°\text{C}.$$

$$\eta_t''' = \frac{792 - 493}{792 - 396} = 0{,}395.$$

$$\Delta\eta''' = \eta_t'' - \eta_t''' = 0{,}381 - 0{,}395 = -\,0{,}014.$$

$\Delta\eta'' = -\,1{,}4\%$ – aşadar un turn de răcire perfect, care funcţionează cu $\lambda = 1$, aduce o îmbunătăţire a randamentului ciclului cu 1,4% faţă de cazul în care condensatorul este răcit în circuit deschis cu acelaşi debit de apă de răcire (apă de rîu la temperatura de 20°C).

În acelaşi caz, dacă prin turn ar circula un debit infinit de aer, apa ar avea la intrare temperatura termometrului umed 12°C.

În acest caz, temperatura din condensator ar fi 17°C, $p_c = 0{,}020$ ata, $i_5''' = 463$, iar randamentul :

$$\eta_{max} = \frac{792 - 463}{792 - 15} = \frac{339}{777} = 0{,}435.$$

η_{max} reprezintă randamentul maxim care ar putea fi realizat într-un ciclu ideal, în care ar exista o cădere de temperatură de 5°C în condensator.

Faţă de $\eta_t'' = 0{,}381$, η_{max} reprezintă o creştere a randamentului cu 5,4%.

Cazul 5

Răcirea se realizează într-un turn real, cu parametrii :

$$t_0^{\text{IV}} = 38\,°\text{C}\qquad i_L^{\text{IV}} = 151{,}7\,\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$t_{w1} = 21{,}4\,°\text{C}$$

$$t_{L_1} = 20\,°\text{C}\qquad t_L^{\text{IV}} = 30\,°\text{C}$$

$$\Delta t_{L_1} = 8°\text{C} \Rightarrow \varphi L_1 = 27\,\%\qquad t_{LU}^{\text{IV}} = 26{,}5°\text{C}$$

$$x_{L1} = 4 \text{ gr/kg}\qquad \varphi_L^{\text{IV}} = 70\,\% \Rightarrow x_L^{\text{IV}} = 19{,}2 \text{ gr/kg}$$

$$i_{L_1} = 30{,}27\,\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\qquad i_L^{\text{IV}} = 79{,}47\,\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\cdot$$

Temperatura din condensator va fi :

$$t_c = t_0^{IV} = 38 + 5 = 43°C$$

$$p \Rightarrow 0{,}090 \text{ ata}$$

$$i_s^{IV} = 522 \ \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$\eta_t^{IV} = \frac{792 - 522}{792 - 43} = \frac{270}{749} = 0{,}361$$

$$\Delta\eta^{IV} - \eta_t^{III} - \eta_t^{IV} = 0{,}395 - 0{,}361 = 0{,}034$$

$$\Delta\eta^{IV} = 3{,}4\ \%.$$

Eficienţa turnului de răcire :

$$Z = \frac{i_{L_2} - i_{L_1}}{i'_{L_{2s}} - i_{L_1}} = \frac{79{,}47 - 30{,}27}{151{,}70 - 30{,}27} =$$

$$= \frac{49{,}20}{121{,}43} = 0{,}48.$$

(Articol intrat în redacţie la 15 iunie 1967)

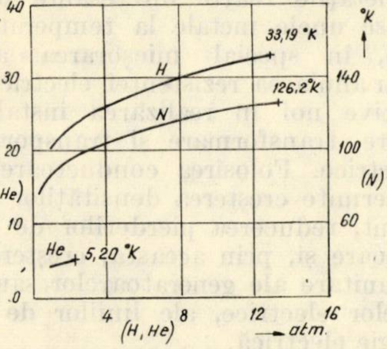
Folosirea în electroenergetică a conductoarelor răcite la temperaturi foarte joase

Conf. dr. ing. **Emil Constantinescu***

1. Comportarea metalelor la temperaturi foarte joase

Tehnica temperaturilor foarte coborîte s-a dezvoltat în trecut în legătură cu încercările de lichefiere a gazelor, necesare în această formă fie pentru diferite cercetări, fie pentru industrie. Într-adevăr, trecerea unui gaz în stare lichidă este condiţionată, indiferent de presiunea aplicată, de micşorarea temperaturii sub o anumită valoare, denumită temperatură critică, care la numeroase gaze, foarte răspîndite sau des folosite, se găseşte destul de aproape de zero absolut (0°K = −273,16°C). Din această cauză, obţinerea diferitelor gaze în stare lichidă s-a eşalonat în timp practic în ordinea descrescătoare a temperaturilor lor critice, ceea ce se poate ilustra prin cîteva exemple mai importante (fig. 1) :

- azotul lichid – anul 1883 (Z. Wroblewski) ;
- hidrogenul lichid – anul 1898 (J. Dewar) ;
- heliul lichid – anul 1908 (H. Kamerlingh).



1. Temperaturile de lichefiere pentru azot, hidrogen, heliu.

Pentru obţinerea temperaturilor respective s-a folosit fie metoda în cascadă, utilizînd mai multe fluide cu care se realizează succesiv temperaturi din ce în ce mai coborîte, fie în special metoda mult mai eficientă a destinderilor şi răcirii în trepte prin contracurent. Utilizînd metode speciale, de exemplu bazate pe fenomenul demagnetizării adiabatice, în ultimul timp au fost obţinute temperaturi din ce în ce mai apropiate de zero absolut, de exemplu în 1960 s-a atins 0,000001°K.

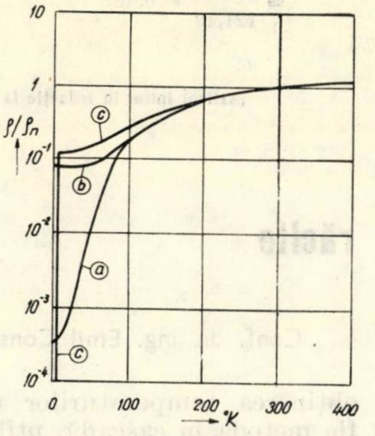
La aceste temperaturi foarte coborîte, foarte apropiate de zero absolut, multe substanţe capătă proprietăţi deosebite, chiar uimitoare. Se pot enumera, de exemplu, fenomene ca suprafluiditatea, supratermoconductibilitatea, friabilitatea. Pentru scopul urmărit în această lucrare interesează însă un alt aspect : micşorarea apreciabilă şi în anumite condiţii chiar dispariţia completă a rezistenţei electrice a metalelor şi deci a pierderilor corespunzătoare prin efect Joule. Acest fenomen se poate însă prezenta în două forme, diferite nu numai cantitativ, dar şi calitativ.

Astfel, se constată că în domeniul temperaturilor foarte joase rezistivitatea electrică specifică a metalelor de mare puritate descreşte din ce în ce mai repede, pentru ca la cîteva zeci de grade Kelvin să înceapă să tindă către o constantă, a cărei valoare poate să reprezinte chiar 10^{-3} sau 10^{-4} din rezistivitatea la temperaturile obişnuite. În figura 2 se poate urmări cum variază raportul dintre rezistivitatea ρ a unui metal la diferite temperaturi şi rezistivitatea sa normală ρ_n (de exemplu la 300°K). Se observă că procesul respectiv este foarte mult influenţat de gradul de puritate al metalului (curbele *a* şi *b*). Astfel, la aluminiul obişnuit, de 99,5 % puritate, rezistivitatea electrică la 20°K este de circa 40 ori mai mică decît la 300°K, în timp ce la aluminiul de 99,998 % puritate, care se poate

[*] Conf. dr. ing. Emil Constantinescu este director tehnic al Institutului de studii şi proiectări energetice.

obține încă în prezent prin procedee industriale, această descreștere este de circa 1500 ori.

Micșorarea rezistivității electrice mai este influențată defavorabil de defectele cristaline interioare care apar în urma laminării și trefilării și care se pot elimina printr-o recoacere corespunzătoare. De asemenea, pentru limitarea efectului de margine este necesar ca dimensiunile conductoarelor să fie de cel puțin cîteva zeci de microni, iar pentru reducerea efectului pelicular și pierderilor prin curenți Foucault aceste dimensiuni trebuie să fie de cel mult cîteva zeci de microni. De aceea conductoarele respective trebuie să fie realizate din pachete de fire sau plăci avînd grosimi de cîteva sutimi de milimetru.



2. Variația rezistivității metalelor în funcție de temperatură :
a – metal foarte pur ; *b* – metal de puritate obișnuită ; *c* – metal supraconductor.

O problemă foarte importantă pentru folosirea conductoarelor electrice realizate din metale pure mult răcite constă în alegerea temperaturii optime de funcționare. Pierderile prin efect Joule, proporționale cu rezistența electrică a conductorului, descresc o dată cu temperatura de funcționare. În același timp crește însă foarte repede puterea necesară mașinilor frigorifice utilizate, pentru a evacua fiecare watt produs în incinta cu temperatura scăzută către temperatura aerului din atmosferă. În medie, în prezent aceste puteri sînt următoarele :

4°K (fierberea heliului) circa $600\,\frac{W}{W}$

20°K (fierberea hidrogenului) circa $70\,\frac{W}{W}$

77°K (fierberea azotului) circa $10\,\frac{W}{W}$

Rezultă, din această cauză, o temperatură optimă de funcționare la care suma puterilor pierdute în conductor și în mașinile frigorifice este minimă. La aluminiu, această temperatură optimă este de circa 20°K ; deci pentru obținerea ei este necesar să se folosească hidrogen lichid.

Un al doilea tip de proces de reducere a rezistivității electrice a metalelor constă în fenomenul de supraconductibilitate. Se constată că la unele metale — de exemplu plumb, zinc, niobiu, aliaje de niobiu (niobiu — zinc, niobiu-zircon), — la temperaturi foarte coborîte, la cîteva grade diferență de zero absolut, în zona heliului lichid, rezistivitatea specifică în curent continuu devine brusc nulă (fig. 2, curba *c*). Acest fenomen se datorește apariției unor perechi stabile de electroni asociați, avînd momente opuse, coexistînd cu electronii normali, neasociați. Schimburile de energie în electronii din interiorul metalului se compensează astfel perfect, ceea ce înseamnă practic rezistență electrică nulă. Cîmpurile magnetice puternice disociază însă perechile de electroni formate ; de aceea apariția supraconductibilității este condiționată de menținerea densității de curent sau a cîmpului magnetic sub anumite limite, care depind de temperatura de funcționare. Astfel, aliajele de niobiu rămîn supraconductoare, la 4°K, în cîmpuri de 100 kG și densități de curent pînă la 2,0 kA/mm^2. Se mai constată că, deși la metalele supraconductoare rezistența electrică în curent continuu este nulă, în curent alternativ apar totuși pierderi de putere care cresc exponențial cu curentul. Pierderi similare apar, de altfel, la orice regim nestaționar, chiar în curent continuu, de exemplu datorită variațiilor de sarcină sau la punerea sub sarcină a conductorului.

Se observă deci că fenomenul supraconductibilității este complet diferit de fenomenul reducerii rezistenței electrice, o dată cu temperatura, în metalele pure. De aceea și domeniile de folosire vor fi cu totul altele.

Proprietățile foarte interesante pe care le dobîndesc unele metale la temperaturi foarte coborîte, în special micșorarea apreciabilă sau chiar anularea rezistenței electrice, deschid perspective noi în realizarea instalațiilor de producere, transformare și transport al energiei electrice. Folosirea conductoarelor supra-răcite permite creșterea densităților admisibile de curent, reducerea pierderilor de energie în conductoare și, prin aceasta, creșterea capacităților unitare ale generatoarelor sau transformatoarelor electrice, ale liniilor de transport de energie electrică.

2. Folosirea conductoarelor la temperaturi foarte joase pentru construcția alternatoarelor și transformatoarelor electrice

Dezvoltarea continuă și foarte rapidă a producției de energie electrică necesită o creștere corespunzătoare a puterii unitare a generatoarelor și transformatoarelor folosite îndeosebi în centralele electrice. Pentru gabaritele agregatelor respective există însă anumite limite superioare, care nu pot fi depășite, dictate mai ales de condițiile de transport. Din această cauză este necesar să se mărească solicitările materialelor, de exemplu nivelul de inducție în fier și densitatea de curent în conductoare, ceea ce evident conduce la o creștere a pierderilor de putere și energie. Acesta este motivul pentru care în prezent, spre deosebire de trecut, la unitățile foarte mari a început deja să se observe o tendință de stabilizare și chiar de creștere a pierderilor specifice, o dată cu creșterea puterilor unitare respective. Întrucît cea mai mare parte a acestor pierderi sînt datorate efectului Joule în conductoare, una dintre soluțiile care se analizează în prezent pentru depășirea impasului menționat constă în folosirea conductoarelor suprarăcite, în scopul micșorării rezistenței electrice a acestora.

Întrucît înfășurările alternatoarelor și transformatoarelor sînt parcurse de curenți alternativi, avantajele metalelor supraconductoare față de metalele pure mult răcite se micșorează. Avînd în vedere și temperaturile mult mai coborîte care condiționează atingerea stării de supraconductibilitate, precum și puterile mari necesare pentru a evacua în atmosferă cantitățile de căldură ce apar, datorită pierderilor, la temperaturi de ordinul 4°K, rezultă avantajos, din punct de vedere tehnic și economic, să se folosească metale pure, dintre care cel mai interesant — cel puțin în prezent — se dovedește aluminiul răcit la 20°K (hidrogen lichid), o altă variantă, de asemenea cu perspective, fiind beriliul, la temperatura de 77°K (azot lichid).

La un alternator construit după aceste principii, denumit crioalternator, conductoarele statorice sînt alcătuite din benzi sau fire de aluminiu, de cîteva zecimi de microni grosime, înconjurate de canale prin care circulă hidrogen lichid. Creșterea densității de curent la circa 20 A/mm^2 permite o reducere la jumătate a dimensiunilor crestăturilor, ceea ce antrenează și o micșorare apreciabilă a greutății circuitului magnetic.

În același timp, reducerea rezistenței înfășurării rotorice face posibilă micșorarea de cîteva zeci de ori a puterii necesare pentru excitație, ceea ce poate permite să se folosească în acest scop un mic alternator inversat și redresoare uscate rotative. De asemenea reducerea masei rotorului permite mărirea sensibilă a diametrului, la aceleași solicitări mecanice ale oțelului. Rezultă deci în definitiv o modificare profundă a geometriei generale a mașinii, cu consecințe favorabile pentru construcție și funcționare.

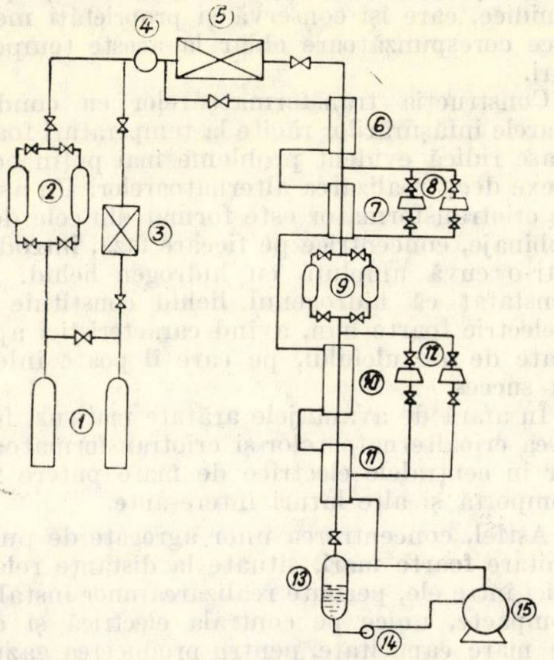
Din punctul de vedere al izolației nu apar probleme deosebite. Practic, la toți izolanții folosiți în prezent, la temperaturi de ordinul 20°K—80°K rigiditatea dielectrică este mai bună, pierderile dielectrice se micșorează, durata de viață crește. Pot să apară însă probleme din cauza modificării caracteristicilor mecanice: creșterea modulului de elasticitate, dispariția elasticității și plasticității. Rămîn însă o serie de materiale izolante larg folosite în prezent, cum sînt rășinile epoxidice și poliamidice, care își conservă și proprietăți mecanice corespunzătoare chiar la aceste temperaturi.

Construcția transformatoarelor cu conductoarele înfășurărilor răcite la temperaturi foarte joase ridică evident probleme mai puțin complexe decît realizarea alternatoarelor. Un astfel de criotransformator este format din cele două bobinaje, concentrice pe fiecare fază, introduse într-o cuvă umplută cu hidrogen lichid. S-a constatat că hidrogenul lichid constituie un dielectric foarte bun, avînd caracteristici apropiate de ale uleiului, pe care îl poate înlocui cu succes.

În afară de avantajele arătate mai sus, folosirea crioalternatoarelor și criotransformatoarelor în centralele electrice de mare putere mai comportă și alte laturi interesante.

Astfel, concentrarea unor agregate de puteri unitare foarte mari, situate la distanțe relativ mici între ele, permite realizarea unor instalații compacte, unice pe centrala electrică și deci de mare capacitate, pentru producerea gazului lichefiat necesar răcirii. De asemenea, în scopul evitării unui număr mare de intrări sau ieșiri de conductoare din incinta răcită către temperatura ambiantă — puncte în care apar pierderi sporite de energie și trebuie luate măsuri speciale de izolație termică — pot fi adoptate unele soluții constructive speciale. Astfel, de exemplu, crioalternatorul și criotransformatorul ridicător pot fi introduse în aceeași incintă răcită, în cazul cînd sînt așezate alături. Dacă însă distanța respectivă este mai mare, legătura dintre generator și transformatorul ridicător se poate realiza printr-un cablu tot cu conductoare suprarăcite, aceste trei instalații fiind de asemenea introduse într-o singură incintă rece.

Deoarece în curent alternativ pierderile de energie în interiorul conductoarelor, deși mult micșorate, nu sînt însă complet eliminate, se demonstrează că pentru producerea fluidului de răcire — de exemplu a hidrogenului lichid — în special la puterile mari care intervin într-o centrală electrică, folosirea unor gaze lichefiate îmbuteliate și transportate nu rezultă avantajoasă nici din punct de vedere tehnic, nici economic. De aceea este indicat să se prevadă o mașină de produs gazul lichid în cantitatea necesară. O astfel de instalație se realizează în prezent după procedeul Linde, pe baza destinderii gazului comprimat și a răcirii în contracurent. Schema de principiu a unui agregat de producere a hidrogenului lichid este arătată pentru exemplificare în figura 3. Hidrogenul este păstrat în rezervoarele *1*, din care, înainte de a intra în ciclu, trece prin instalația de uscare *2*, compresorul *3* servind pentru încărcarea rezervoarelor *1*. Compresorul *5*, de cîteva zeci de atmosfere, aspiră din vasul-tampon *4* și împinge hidrogenul comprimat prin schimbătoarele de căldură *6*, *7*, *10* și *11* în contracurent. Instalațiile de destindere adiabatică *8* și *12* sînt necesare pentru echilibrarea termică a schimbătoarelor de căldură respective. În *9* hidrogenul este curățat de toate urmele de azot sau alte gaze, care pe parcurs ar putea să se solidifice și să se oprească circulația. La ieșirea din schimbătorul *11*, hidrogenul la înaltă presiune se găsește la o temperatură de circa 21°K. Prin destindere izentalpică, printr-o vană, se lichefiază și se acumulează în rezervorul *13*. Pompa *14* asigură circulația hidrogenului lichid în incinta răcită *15*. Se observă că toate evaporările de pe parcurs sînt reintroduse în circuitul de răcire de joasă presiune.



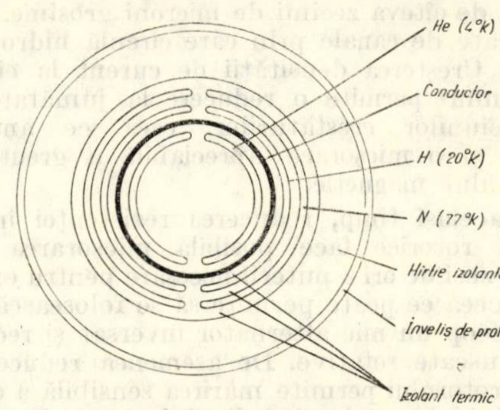
3. Schema unei instalații de producere a hidrogenului lichid.

3. Folosirea conductoarelor la temperaturi foarte joase pentru construcția liniilor electrice de transport

Problemele care se ridică în prezent în legătură cu instalațiile de transport al energiei electrice decurg din necesitatea permanentă de a mări puterea transportată și lungimea liniilor respective. Din această cauză se observă o creștere continuă a tensiunilor nominale la liniile clasice aeriene trifazate, se introduce treptat transportul în curent continuu de înaltă tensiune, se fac cercetări cu privire la transportul prin microunde. Și în acest domeniu folosirea conductoarelor la temperaturi foarte joase, bineînțeles numai în varianta liniilor în cablu, poate conduce la soluții interesante. În situația actuală, pentru puteri și distanțe foarte mari, apare de obicei mai avantajoasă soluția transportului în curent continuu. În aceste condiții se dovedește interesantă din punct de vedere tehnic și economic utilizarea stării de supraconductibilitate, de exemplu niobiu la 4°K, temperatură din domeniul heliului lichid.

Soluțiile constructive luate pînă în prezent în considerare pentru realizarea acestor cabluri supraconductoare pot fi împărțite în două categorii. O primă variantă constă în realizarea unor cabluri cu cîte un singur conductor, deci pentru efectuarea unui transport în curent continuu fiind necesare două astfel de cabluri (fig. 4). Conductorul are forma unei țevi cilindrice cu pereți subțiri, confecționată din niobiu, răcit interior cu heliu lichid și exterior cu hidrogen lichid și apoi cu azot lichid, ceea ce permite reducerea considerabilă a pierderilor de căldură. Fiecare fluid de răcire circulă prin cîte două canale avînd în secțiune forma unor coroane circulare. Izolația electrică este de tip normal, din hîrtie uleiată, fiind situată în afara incintei reci.

O a doua variantă constructivă (figura 5) realizează o singură incintă de răcire pentru ambii poli necesari unei instalații de transport. Conductorul, de formă circulară, este alcătuit din fire de niobiu răsucite împreună, fiecare fază fiind izolată cu un strat corespunzător din material plastic. Cele două conductoare sînt răcite la 4°K cu heliu lichid, spațiul respectiv fiind izolat prin vid față de o altă incintă înconjurătoare, răcită la 77°K cu azot lichid. Întregul ansamblu se protejează într-un bloc de beton, care poate fi montat subteran sau



4. Cablu supraconductor cu răcire interioară și exterioară.

suprateran. Pentru producerea lichidelor refrigerante şi pentru menţinerea vidului necesar, din loc în loc în lungul liniei se prevăd staţii corespunzătoare. Astfel, se apreciază că la fiecare 20 km trebuie să se monteze cîte o instalaţie de producere a gazelor lichefiate, iar din 500 în 500 m cîte o staţie conţinînd pompele de vid şi pompele de circulaţie a lichidelor de răcire.

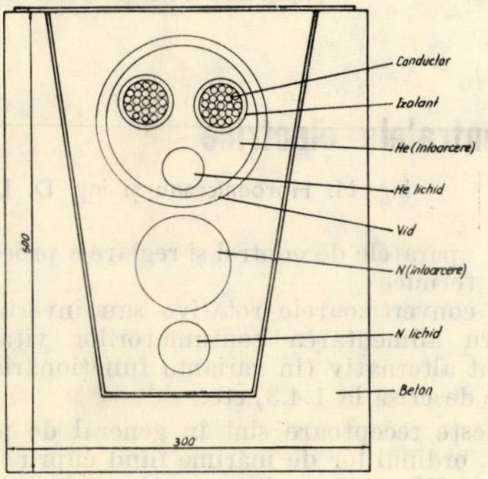


Fig. 5. Linie în cablu supraconductor cu răcire exterioară.

Folosirea cablurilor supraconductoare permite obţinerea unor rezultate deosebit de interesante. Astfel, în soluţia constructivă din figura 5, utilizînd conductoare de 5 cm² secţiune fiecare, la dimensiuni totale ale blocului de beton de 50 × 30 cm, se poate realiza o instalaţie de 200 kV şi 500 kA, deci o capacitate de transport de 100 000 MW la 1000 km distanţă. Indicii economici estimaţi sînt de asemenea foarte favorabili, întrucît investiţiile necesare pentru cablurile supraconductoare reprezintă numai 40%, iar pierderile anuale de energie electrică numai 2% faţă de o instalaţie cu aceeaşi capacitate de transport, realizată cu conductoare normale, în curent continuu de înaltă tensiune.

Concluzii

Modificările importante care se produc la temperaturi foarte coborîte în ceea ce priveşte conductibilitatea electrică a unor metale, anume micşorarea apreciabilă sau chiar anularea rezistivităţii specifice, au devenit în prezent, în diferite ţări, obiectul a numeroase cercetări teoretice şi experimentale, avînd drept scop folosirea proprietăţilor respective în domeniul producerii şi transportului energiei electrice. Întradevăr, studiile efectuate pînă în prezent au arătat că există condiţii favorabile, din punct de vedere tehnic şi economic, în acest sens. Folosirea metalelor foarte pure la temperaturi coborîte, de exemplu aluminiul la 20°K, sau a metalelor supraconductoare, de exemplu niobiul la 4°K, permite realizarea unor căi de curent de mare intensitate, cu ajutorul cărora pot fi construite alternatoare şi transformatoare de puteri unitare foarte mari, sau cabluri de curent continuu avînd capacităţi de transport de ordinul zecilor de mii de megawaţi. În acest fel, criotehnica devine un ajutor preţios al electroenergeticii. De altfel în prezent există chiar unele realizări cu caracter experimental, de exemplu un criotransformator de circa 500 kVA realizat în Franţa.

Folosirea acestor noi soluţii tehnice constituie deci, în etapa actuală de cunoştinţe, una dintre căile cele mai probabil a fi utilizate în viitor pentru a face faţă creşterii continue a capacităţii instalaţiilor de producere şi transport al energiei electrice. Adoptarea unor astfel de metode va putea conduce însă şi la o modificare structurală a concepţiilor actuale în domeniile respective, de exemplu prin trecerea de la instalaţiile de tensiuni foarte înalte, folosite în prezent, la instalaţii de curenţi foarte puternici şi tensiuni mai coborîte, ceea ce duce, în unele situaţii, la o serie de avantaje în realizarea lucrărilor aferente.

Bibliografie

[1] Burnier, P. *Les cryomachines électriques. Les turboalternateurs.* Rev. Gén. Electr., *74*, nr. 7–8, 1965, p. 624–626.

[2] Burnier, P. şi Laurenceau, P. *Fondements physiques et intérêt des cryomachines.* Rev. Gén. Electr., *74*, nr. 6, 1965, p. 533–550.

[3] Carbonell, A. şi De la Harpe, A. *La production, la conservation et l'utilisation des basses températures dans les cryomachines électriques.* Rev. Gén. Electr., *74*, nr. 7–8, 1965, p. 611–622.

[4] Denzel, P. *Zukünftige Möglichkeiten der Übertragung elektrischer Energie.* Elektrizitätswirtschaft, *67*, nr. 1, 1968, p. 1–5.

[5] Garwin, R. L. şi Matisoo, J. *Superconducting lines for the transmission of large amounts of electrical power over great distances.* Proc. I.E.E.E., *55*, nr. 4, 1967, p. 538–548.

[6] Hochart, B. *Les cryomachines électriques. Les transformateurs.* Rev. Gén. Electr., *74*, 7–8, 1965, p. 626–628.

[7] Klaudy, P. *Electrische Energieversorgungs — und Übertragungseinrichtungen mit tiefstgekühlten Leitern.* E. und M., *82*, nr. 6, 1965, p. 275–281.

[8] Laverick, C. *Progress in the development of superconducting magnets.* Cryogenics, *5*, nr. 6, 1965, p. 152–158.

[9] Norris, W. T. şi Swift, D. A. *Developments augur design of superconducting cables.* Electrical World, *168*, nr. 4, 1967, p. 50–53.

[10] Reichert, K. *Die Problematik der tiefgekühlten elektrischen Maschine, erläutert am Beispiel des Transformators.* ETZ-A, *87*, nr. 13, 1966, p. 473–481.

[11] Reichert, K. *Probleme, Möglichkeiten und Grenzen tiefgekühlter Wicklungen in elektrischen Maschinen und Magneten.* E. und M., *85*, nr. 1, 1968, p. 17–32.

[12] Vachet, P. şi Boumarin, J. *Emploi de l'aluminium raffiné dans les cryomachines.* Rev. Gén. Electr., *74*, nr. 6, 1965, p. 555–560.

[13] Vayson de Pradenne, H. *L'isolation électrique des cryomachines. La construction des modèles.* Rev. Gén Electr., *74*, nr. 7–8, 1965, p. 631–634.

[14] Wilkinson, K. J. R. *Prospect of employing conductors at low temperature in power cables and in power transformers.* Proc. I.E.E., *113*, nr. 9, 1966, p. 1509–1521.

(Articol intrat în redacţie la 27 ianuarie 1968)

Serviciile interne de curent continuu din centralele electrice

Ing. M. Horodniceanu şi ing. D. Liber*)

1. Consumatori de curent continuu

Funcţionarea în bune condiţii a unei centrale electrice este condiţionată în mare măsură de siguranţa alimentării serviciilor interne de curent alternativ şi de curent continuu.

Deşi, din punctul de vedere al puterii, serviciile interne de curent continuu sînt mult mai reduse decît cele de curent alternativ — atît ca valoare totală cît şi ca mărime unitară a consumatorilor — importanţa lor este deosebit de mare în regim normal şi vitală în regimurile de avarie. Acest lucru se datorează rolului deosebit pe care îl au în funcţionarea centralei consumatorii de curent continuu şi este pus în evidenţă chiar şi la o analiză sumară a componenţei acestor consumatori.

Într-o centrală electrică, consumatorii de curent continuu pot fi clasificaţi după cum urmează :

a) consumatori de durată în regim permanent ;

b) consumatori de durată în regim de avarie ;

c) consumatori de scurtă durată.

1.1. *Consumatorii de durată în regim permanent*

Această categorie de consumatori intervine atît în regim normal cît şi în regim de avarie, reprezentînd o sarcină permanentă, practic constantă, pentru sursele de alimentare. Dintre consumatorii de durată în regim permanent, uzuali în centralele termoelectrice, se menţionează :

— releele intermediare conectate permanent ;
— lămpile de semnalizare ;
— indicatoarele de poziţie ;
— electromagneţii de blocaj ;
— iluminatul de siguranţă conectat permanent ;
— aparatele înregistratoare ;
— aparatele de control şi reglare a proceselor termice ;
— convertizoarele rotative sau invertoarele pentru alimentarea consumatorilor vitali de curent alternativ (în varianta funcţionării continue descrisă la 1.4.3) etc.

Aceste receptoare sînt în general de putere mică, ordinul lor de mărime fiind cuprins între 5 şi 100 W, cu excepţia convertizoarelor, a căror putere poate ajunge pînă la circa 100 kW.

1.2. *Consumatorii de durată în regim de avarie*

Din punctul de vedere al instalaţiei de curent continuu, prin regim de avarie se înţelege acel regim în care se întrerupe alimentarea cu tensiune alternativă a serviciilor interne. În aceste condiţii, o serie de consumatori vitali, sub aspectul securităţii personalului şi a instalaţiilor — care în mod normal sînt alimentaţi în curent alternativ — trebuie preluaţi de reţeaua de curent continuu. Din această categorie fac parte :

— pompele de ulei de ungere a lagărelor turbogeneratoarelor şi pompelor de alimentare ;
— pompele de ulei de etanşare a hidrogenului la generatoare ;
— iluminatul de siguranţă comutabil ;
— convertizoarele pentru alimentarea consumatorilor vitali de curent alternativ (în varianta funcţionării la avarie) etc.

Aceste receptoare sînt de putere relativ mare. Astfel, sarcina iluminatului de siguranţă reprezintă circa 10 % din sarcina totală de iluminat a centralei, iar celelalte receptoare sînt motoare cu puteri de ordinul de mărime al zecilor de kilowaţi.

1.3. *Consumatorii de scurtă durată*

În această categorie intră în general consumatori care intervin un timp scurt, pe durata efectuării de manevre, comandate manual sau automat în instalaţiile electrice şi mecanice. Prin natura lor, aceste receptoare pot lucra atît în regimul de funcţionare normală, cît şi în

---

*) M. Horodniceanu este inginer principal la Întreprinderea pentru raţionalizarea şi modernizarea instalaţiilor energetice (IRME) ; D. Liber este şef de proiect la Institutul de studii şi proiectări energetice (ISPE).

-regimul de avarie. Din această grupă fac parte în mod curent:

— releele de protecţie;
— releele auxiliare de comandă;
— dispozitivele optice şi acustice de semnalizare şi alarmare;
— dispozitivele de acţionare a întreruptoarelor, separatoarelor etc.

Puterile unitare ale acestor receptoare sînt în mod obişnuit relativ mici (5—500 W). Puteri însemnate apar însă în cazul dispozitivelor de acţionare cu solenoid, care pot introduce — sub forma unui şoc — consumuri de ordinul 100—250 A la tensiunea de 220 V.

1.4. *Unele modificări în structura consumatorilor de curent continuu din centralele moderne*

O analiză comparativă a structurii consumatorilor de curent continuu din centralele electrice construite recent, faţă de cele de construcţie mai veche, conduce la o serie de constatări, care trebuie luate în consideraţie atît la proiectarea centralelor noi cît şi la modernizarea celor existente.

1.4.1. O primă constatare în legătură cu structura consumatorilor de curent continuu din centralele electrice construite în ultimii ani este reducerea ponderii sarcinilor de şoc. Acest lucru se datorează faptului că la echipamentele electromecanice moderne se preferă acţionările pneumatice, cu resort sau cu motor electric, în locul acţionărilor cu solenoid. Totodată, pentru a se micşora şocul provocat la pornirea motoarelor electrice de curent continuu, se utilizează scheme automate care introduc în circuit rezistenţe de limitare.

1.4.2. O a doua constatare se referă la tensiunile folosite în instalaţiile de curent continuu. În mod normal, în centralele electrice se impune utilizarea tensiunii de 220 V, atît datorită puterilor relativ mari ale unor consumatori, cît şi distanţelor apreciabile pe care le parcurg circuitele în interiorul clădirii principale şi în incinta centralei. Totuşi, în ultimii ani, miniaturizarea camerelor de comandă a impus — datorită specificului aparatajului utilizat — folosirea unei tensiuni intermediare mai mici pentru comenzi şi semnalizări. Aceasta conduce la montarea în centrale, alături de instalaţiile de 220 V, a unor instalaţii cu tensiunea de 24, 48 sau 60 V, care, deşi au o putere instalată mult mai redusă, prezintă o importanţă deosebită, întrucît condiţionează efectuarea comenzilor din camerele de comandă.

1.4.3. În sfîrşit, o a treia constatare este legată de necesitatea montării în centrale a unor grupuri convertizoare şi a unor motoare Diesel care să asigure alimentarea consumatorilor vitali de curent alternativ în timpul avariilor.

Consumatorii vitali de curent alternativ dintr-o centrală termoelectrică pot fi împărţiţi în două grupe, ţinînd seamă de sensibilitatea lor la întreruperi de scurtă durată şi la variaţiile tensiunii sau frecvenţei de alimentare.

O primă grupă permite întreruperi de scurtă durată în alimentarea cu energie electrică, în timp ce pentru a doua grupă nu se permite nici un fel de întreruperi.

Fiecare dintre cele două grupe de consumatori este indicat să fie alimentată de pe bare separate de servicii interne de curent alternativ de joasă tensiune, denumite în cele ce urmează:

— „bara vitală II”, pentru consumatorii care permit întreruperi de scurtă durată;
— „bara vitală I”, pentru consumatorii care pretind o alimentare fără nici o întrerupere.

Bara vitală II, alimentată în mod normal din reţea, poate fi preluată, în cazul pierderii acestei alimentări, de grupuri convertizoare alimentate din bateria de acumulatoare sau de un mic generator auxiliar antrenat de motor Diesel cu pornire automată rapidă. În cazul soluţiei cu grupuri convertizoare sînt necesare baterii de acumulatoare de foarte mare capacitate. Din grupa de consumatori legaţi la această bară fac parte unele vane, viroarele turbinelor, pompele de ulei de ridicare a rotoarelor turbogeneratoarelor, pompele de incendiu, compresoarele pentru producerea aerului comprimat necesar în instalaţiile de comandă (luînd în considerare posibilitatea epuizării rezervelor de aer comprimat în timpul avariilor prelungite), ascensoarele de persoane etc.

În cazul soluţiei cu generator antrenat de motor Diesel, se consideră util ca de pe această bară să fie alimentate şi grupurile de încărcare permanentă ale bateriilor de acumulatoare. Această soluţie permite restabilirea alimentării grupurilor de încărcare permanentă înainte de lichidarea avariei în reţeaua generală de curent alternativ, ceea ce evită, în cazul avariilor de lungă durată, descărcarea bateriilor de acumulatoare peste limitele admisibile. Pe această bază se poate reduce fără nici un risc timpul de avarie luat în consideraţie la dimensionarea bateriilor de acumulatoare. Astfel, de la timpul de 2—3 ore recomandat în trecut pentru dimensionarea bateriilor de acumulatoare [1], [2], s-a ajuns în prezent la timpul de o oră [3], timp sub care, în general, nu se coboară deocamdată, din considerente de siguranţă.

Consumatorii racordaţi la bara vitală I, pe lîngă faptul că nu permit nici o întrerupere în alimentare, sînt afectaţi în multe cazuri chiar de variaţiile de tensiune şi frecvenţă care însoţesc perturbaţiile din reţea. Din această cauză se urmăreşte ca bara vitală I să fie alimentată dintr-o sursă independentă, chiar şi în regim normal. Bineînţeles că, pentru cazurile de indisponibilitate a sursei independente, se prevede o alimentare de rezervă din reţea.

Din grupa de consumatori legați la bara vitală I fac parte dispozitivele de reglare automată, protecție, măsură și comandă aferente cazanelor, turbinelor, și unor instalații anexe, calculatoarele electronice folosite în procesele de automatizare din centrală, instalațiile de televiziune industrială, instalațiile de telemăsură etc.

Pentru alimentarea acestei bare, soluția cea mai sigură, care s-a impus în ultimul timp, este utilizarea unui generator de curent alternativ, antrenat de un motor de curent continuu [4], [5], [6]. În această variantă, grupul convertizor apare ca un consumator de durată în regim permanent, încărcînd în mod apreciabil (25—100 kW) sursele de curent continuu.

O altă variantă de rezolvare a alimentării unor astfel de consumatori — folosită deocamdată pe o scară mai restrînsă, îndeosebi în instalațiile de telecomunicații — este utilizarea în locul grupurilor rotative a instalațiilor statice cu invertoare [7].

Pentru a se evita încărcarea în regim normal a surselor de curent continuu cu puterea necesară consumatorilor de pe bara vitală I, s-au elaborat scheme speciale [8], [9].

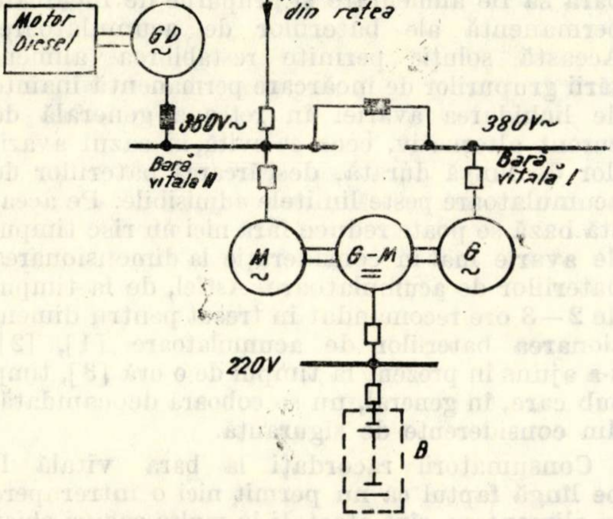


Fig. 1

În figura 1 este reprezentată o astfel de schemă. În principiu, ea este alcătuită dintr-un grup de trei mașini electrice, cuplate pe același ax: motorul de curent alternativ M, mașina de curent continuu $G-M$ și generatorul de curent alternativ G. În mod normal, motorul M este racordat la bara vitală II, alimentată din rețea, și antrenează celelalte două mașini. Mașina de curent continuu $G-M$ funcționează în regim de generator, asigurînd încărcarea permanentă a bateriei de acumulatoare B, iar generatorul G alimentează cu curent alternativ bara vitală I. La căderea alimentării din rețea, mașina de curent continuu $G-M$ trece în regim de motor, fiind alimentată de la bateria de acumulatoare, și antrenează mai departe generatorul G, asigurînd în felul acesta continuitatea funcționării consumatorilor de pe bara vitală I. Trecerea mașinii de curent continuu $G-M$ din regim de generator în regim de motor se face prin reducerea automată a excitației acesteia, comandată la dispariția tensiunii de alimentare a motorului de curent alternativ M. Pentru funcționarea în regim de motor, mașina $G-M$ este prevăzută cu un regulator de turație. În perioada tranzitorie, de trecere a mașinii de curent continuu $G-M$ din regim de generator în regim de motor, energia necesară este luată de la masele în rotație ale ansamblului, care sînt astfel dimensionate încît reducerea turației să nu depășească 5% [9].

Schemele de acest tip, deși prezintă avantaje în ceea ce privește dimensionarea surselor de curent continuu și asigură o dublă folosire a mașinii $G-M$, au, față de schemele cu grup convertizor separat pentru alimentarea barei vitale I, o serie de dezavantaje: complicații suplimentare de ordin constructiv, necesitatea unei automatizări mai complexe și imposibilitatea evitării unor variații de frecvență în perioadele tranzitorii.

2. Surse de curent continuu

Ca surse de curent continuu în centralele electrice se utilizează bateriile de acumulatoare, funcționînd de obicei tampon cu un agregat de încărcare permanentă.

2.1. *Baterii de acumulatoare și agregate de încărcare*

Deși acumulatoarele fero-nichel au o durată de viață mai lungă și o întreținere mai ușoară, însă deoarece sînt mai scumpe și necesită spații mai mari, în centralele electrice se folosesc în prezent în mod obișnuit acumulatoare cu plumb. Acestea prezintă avantajul că au o tensiune mai mare pe element, un randament mai bun și o diferență mai mică între tensiunea de încărcare și tensiunea de descărcare [3].

Ca elemente de încărcare permanentă și periodică se utilizează grupuri rotative, formate din motor de curent alternativ —generator de curent continuu, sau redresoare statice. În ultima vreme se preferă soluția cu redresoare statice ca urmare a progreselor făcute în domeniul redresoarelor cu semiconductoare, prevăzute cu reglaj de tensiune cu amplificatoare magnetice [3], [10], [11].

2.2. *Variațiile de tensiune în instalațiile de curent continuu*

Acumulatoarele cu plăci de plumb, folosite în centralele electrice, au în diferitele regimuri de funcționare următoarele tensiuni pe element :

— tensiunea minimă (la sfîrșitul descărcării), $u_{min} = 1{,}75-1{,}8$ V ;

— tensiunea de repaos (tensiunea unui element complet încărcat în circuit deschis), $u_r = 2{,}03 - 2{,}05$ V ;

— tensiunea de încărcare permanentă (în regim tampon), $u_t = 2{,}15-2{,}2$ V ;

— tensiunea de încărcare puternică (fără degajare de gaze), $u_p = 2{,}35 - 2{,}4$ V ;

— tensiunea de degajare de gaze, $u_g = 2{,}4 - 2{,}5$ V ;

— tensiunea la sfîrșitul încărcării, $u_{max} = 2{,}6-2{,}75$ V.

În aceste limite se încadrează și acumulatoarele cu plăci de plumb pentru descărcări rapide, tip Ls, fabricate la noi în țară [12].

Pentru majoritatea consumatorilor de curent continuu din centralele electrice, se admit — în cazul aparatelor de construcție obișnuită — abateri de tensiune cuprinse între $U_{max} = U_{nom} + 10\%\ U_{nom}$ și $U_{min} = U_{nom} - 15\%\ U_{nom}$.

În cazuri speciale — de exemplu pentru dispozitivele de acționare solenoidale ale întrerupătoarelor — sînt necesare limite mai mari de variație a tensiunii, care să permită o dimensionare economică a instalațiilor [13].

Dacă se consideră căderile de tensiune în rețeaua de distribuție ca find cuprinse între o valoare minimă ΔU_{min} și o valoare maximă ΔU_{max}, rezultă că tensiunea, la bornele bateriei de acumulatoare, trebuie să fie menținută între limitele :

$$U_{Bmax} = U_{max} + \Delta U_{min}$$

$$U_{Bmin} = U_{min} + \Delta U_{max}$$

Aceste limite de variație a tensiunii sînt relativ mari și de aceea sînt de obicei acceptate numai pentru regimurile de scurtă durată, care intervin la sfîrșitul descărcării și la sfîrșitul încărcării bateriei.

În mod normal, cînd elementele funcționează în regim de încărcare permanentă, tensiunea la bornele bateriei — care în cele ce urmează va fi denumită tensiune de serviciu (U_s) — este menținută de regulă între U_{nom} și 1,1 U_{nom}.

2.3. *Scheme de conectare*

Ținînd seamă de variațiile de tensiune pe element, precum și de abaterile de la tensiunea nominală admise de receptoare, se stabilesc schemele de legare a elementelor în baterie. În funcție de soluția adoptată, rezultă numărul de elemente necesare, precum și valorile tensiunii pe element, la încărcare ($u_i \leqslant u_{max}$) și la descărcare ($u_d \geqslant u_{min}$).

2.3.1. Baterii cu comutator. Pînă nu de mult, în centralele electrice s-au utilizat pe scară largă schemele cu comutator de ploturi, în care bateria se compune dintr-un număr de elemente de bază cu funcționare continuă și un număr de elemente suplimentare, legate la comutator. Prin acest sistem se conectează la descărcare un număr de elemente corespunzător, astfel ca tensiunea pe barele de curent continuu să se mențină practic constantă, în condițiile variației tensiunii pe element, între valoarea minimă și valoarea maximă.

În aceste condiții, numărul total de elemente al bateriei se determină cu ajutorul relației :

$$n = \frac{U_s}{u_d},$$

iar numărul de elemente de bază, nelegate la comutator, cu relația :

$$n_p = \frac{U_s}{u_i}.$$

Schemele cu comutator de ploturi prezintă avantajul că asigură menținerea unei tensiuni constante la consumatori, în toate regimurile de funcționare. În schimb, prezintă dezavantaje mari în exploatare, din două motive : pe de o parte, în regimul de funcționare tampon sînt conectate numai o parte din elementele bateriei — ceea ce conduce la degradarea mai accentuată a celorlalte elemente —, iar pe de altă parte, comutatorul însuși, cu sistemul lui de automatizare, reprezintă o sursă suplimentară de defecte.

2.3.2. Baterii cu număr fix de elemente. Pe linia simplificării schemelor, o soluție total diferită de cea descrisă anterior este utilizarea bateriei cu un număr fix de elemente (fără comutare). În această variantă există două posibilități de funcționare.

O posibilitate se bazează pe faptul că în centrale, existînd în mod normal cel puțin două baterii de acumulatoare la aceeași tensiune — care se înlocuiesc reciproc —, se poate deconecta de la consumatori bateria ce urmează să fie supusă încărcării periodice. În felul acesta devine posibilă alegerea numărului de elemente al bateriei în funcție de tensiunea minimă de descărcare ; astfel :

$$n = \frac{U_{B\,min}}{u_d}.$$

Numărul de elemente astfel determinat trebuie verificat în regim de încărcare permanentă, pentru a se obține o tensiune de serviciu $U_s = n \cdot u_t$, în limitele admisibile.

O altă posibilitate de funcționare a bateriilor cu număr fix de elemente se bazează pe limitarea tensiunii de încărcare la tensiunea de încărcare puternică fără degajare de gaze (u_p). În aceste condiții este evident că timpul de încărcare crește. În schimb, schema permite menținerea bateriei conectată la consumatori în toate regimurile, iar elementele suferă o uzură mai mică decît în cazul cînd la încărcare se produce o degajare puternică de gaze. În acest caz, numărul de elemente se determină în funcție de tensiunea maximă de încărcare:

$$n = \frac{U_{B\,max}}{u_i}.$$

La descărcare, tensiunea pe element nu trebuie să scadă sub valoarea $u_d = \frac{U_{B\,min}}{n}$, condiție care conduce în general la o utilizare incompletă a capacității bateriei [3].

Bateriile cu număr fix de elemente sînt avantajoase, deoarece comportă instalații deosebit de simple și conduc la o uzură redusă și uniformă a elementelor. Aceste baterii prezintă însă dezavantajul unor variații relativ mari ale tensiunii pe bare. În plus obligă — în prima variantă — la o funcționare fără baterie de rezervă, pe timpul încărcărilor periodice (practic o zi pe lună), iar în a doua variantă, la o descărcare incompletă a elementelor.

2.3.3. Baterii cu priză. Pentru a se asigura utilizarea elementelor din baterie pe întreaga plajă de variație a tensiunilor admisibile, s-au elaborat scheme cu o priză pentru regimul de încărcare . În acest caz, în regim de funcționare tampon și în regim de descărcare sînt conectate toate elementele bateriei, iar în regimul de încărcare, prin intermediul prizei, se reduce numărul elementelor conectate la consumatori.

În figura 2, *a* este reprezentată o astfel de schemă, în care pentru comutare se folosesc contactoare și ruptoare și în care, pe timpul comutărilor, circuitul se închide pe o rezistență de șuntare (*R*).

O altă variantă este reprezentată în figura 2, *b*, în care pe timpul comutărilor circuitul se menține printr-un redresor de blocare (*B*).

Numărul total de elemente al unei astfel de baterii se determină în funcție de regimul de descărcare:

$$n = \frac{U_{B\,min}}{u_d}.$$

Pe baza numărului de elemente rezultat se verifică tensiunea de serviciu $U_s = n \cdot u_i$.

Numărul de elemente conectate la priză se stabilește în funcție de regimul de încărcare:

$$n_p = \frac{U_{B\,max}}{u_i}.$$

Această schemă are în linii mari aceleași caracteristici de funcționare ca și schema cu număr fix de elemente cu deconectare la încărcare, dar prezintă față de aceasta avantajul unei elasticități mai mari în exploatare, prin faptul că datorită existenței prizei, bateria poate fi legată la consumatori și în timpul încărcărilor.

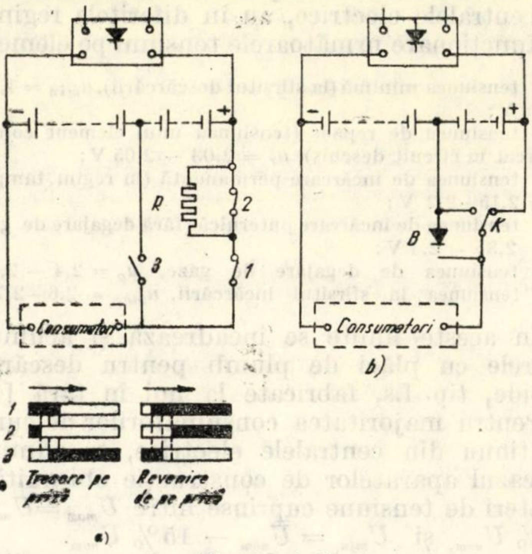


Fig. 2a și 2b

2.3.4. Baterii divizate. Pentru a elimina dezavantajul imposibilității utilizării complete a capacității bateriilor cu număr fix de elemente exploatate fără deconectare în timpul încărcării, s-au elaborat scheme cu baterii divizate (fig.3).

În această soluție, pe lîngă bateria de bază, conectată la consumatori în regim permanent și în regim de încărcare, există o baterie adițională, compusă dintr-un număr redus de elemente, care se conectează în momentul producerii unei avarii.

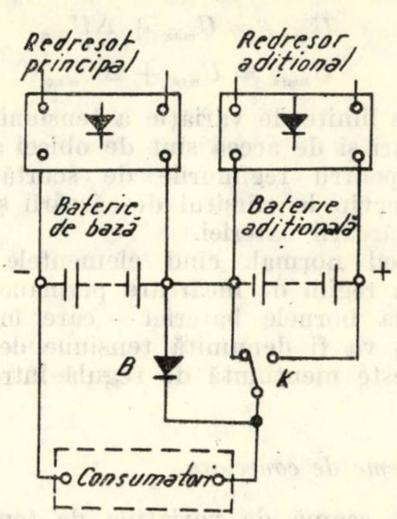


Fig. 3

Bateria de bază este exploatată în regim-tampon, fiind încărcată permanent de redresorul principal. Bateria adițională, menținută în rezervă, este legată la redresorul adițional, care compensează curentul de autodescărcare. În momentul unei avarii — la dispariţia tensiunii alternative de alimentare a redresoarelor — comutatorul k îşi schimbă poziţia, asigurînd alimentarea consumatorilor de la cele două baterii, legate în serie. Pe timpul comutării, alimentarea consumatorilor este menţinută prin redresorul de blocare B.

Numărul de elemente al bateriei de bază se determină în funcţie de tensiunea de încărcare:

$$n_p = \frac{U_{B\,max}}{u_i}.$$

În acest caz, tensiunea de încărcare pe element se limitează la tensiunea de încărcare fără degajare de gaze şi se verifică apoi ca tensiunea de serviciu, $U_s = n_p \cdot u_s$, să fie cuprinsă în limite admisibile.

Numărul total de elemente al celor două baterii se determină din condiţiile de descărcare:

$$n = \frac{U_{B\,min}}{u_d}$$

Se menţionează că existenţa unor elemente suplimentare creează posibilitatea ca la descărcare să se asigure o tensiune a bateriei superioară tensiunii minime admisibile ($U_{B\,min}$), prin alegerea unui număr corespunzător de elemente, la bateria adiţională. În acest sens se recomandă ca numărul elementelor bateriei adiţionale să reprezinte circa 10% din numărul de elemente al bateriei de bază [3]. Unul dintre principalele avantaje ale acestei scheme este deci faptul că poate asigura o tensiune mai bună la consumatori în regim de avarie. Limitarea tensiunii de încărcare conduce şi în această soluţie la prelungirea timpului necesar acestei operaţii.

2.3.5. Sistem cu redresor de reţea pentru consumatorii permanenţi. În această schemă, consumatorii permanenţi sînt alimentaţi în regim normal de la un redresor de reţea (fig. 4). Bateria de acumulatoare alimentează în mod normal numai consumatorii de şoc, fiind deci menţinută majoritatea timpului în rezervă, iar curentul de autodescărcare este compensat de un redresor de conservare.

În cazul ieşirii din funcţiune a redresorului de reţea, consumatorii permanenţi sînt comutaţi prin intermediul comutatorului $1K$ pe baterie. În timpul comutării, continuitatea alimentării este asigurată prin redresorul de blocaj $1B$, care împiedică circulaţia unui curent de la redresorul de reţea la baterie. Circulaţia unui curent de la priza bateriei la consumatorii permanenţi nu este posibilă în regim normal, deoarece tensiunea la priză este mai mică decît tensiunea la bornele redresorului.

În timpul încărcării, consumatorii bateriei sînt comutaţi cu ajutorul comutatorului $2K$ pe priză, continuitatea alimentării fiind asigurată în timpul comutării prin redresorul de blocaj $2B$.

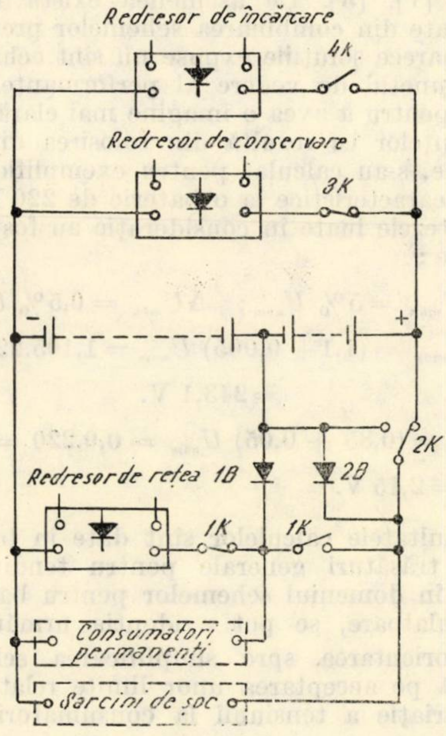


Fig. 4

Numărul total de elemente al bateriei se calculează în funcţie de tensiunea maximă admisibilă:

$$n = \frac{U_{B\,max}}{u_i}.$$

Numărul de elemente conectate la priză se calculează astfel ca tensiunea la priză în timpul încărcării să fie mai mică decît tensiunea menţinută de redresorul de reţea (U_r):

$$n_p = \frac{0{,}95\ U_r}{u_i}.$$

Această schemă mai complicată şi necesitînd aparataj mai numeros prezintă următoarele avantaje:

— tensiunea la consumatorii permanenţi este menţinută în limite de variaţie foarte mici de redresorul de reţea şi nu este perturbată de sarcinile de şoc;

— consumatorii de şoc fiind alimentaţi separat, se poate admite o tensiune mai ridicată la bornele bateriei, ceea ce este avantajos pentru dimensionarea reţelei de alimentare a acestora.

2.3.6. Soluţiile pentru conectarea bateriilor de acumulatoare sînt destul de numeroase şi relativ diferite. În afara celor prezentate — şi care au căpătat o aplicare mai largă — s-au elaborat şi alte scheme, mai puţin răspîndite, printre care trebuie amintită soluția cu utilizarea de contraelemente pentru reducerea tensiunii la consumatori în timpul încărcării bateriei [1], [3]. De asemenea există variante rezultate din combinarea schemelor prezentate.

Deoarece soluțiile expuse nu sînt echivalente din punctul de vedere al performanțelor tehnice, pentru a avea o imagine mai clară asupra diferențelor ce rezultă din folosirea diverselor scheme, s-au calculat pentru exemplificare valorile caracteristice la o baterie de 220 V.

Ipotezele luate în considerație au fost următoarele :

$$\Delta U_{max} = 5\%\ U_{nom}\ ; \quad \Delta U_{min} = 0{,}5\%\ U_{nom}\,.$$

$$U_{B\,max} = (1{,}1 + 0{,}005)\ U_{nom} = 1{,}105.220 = \\ = 243{,}1\ \text{V}.$$

$$U_{B\,min} = (0{,}85 + 0{,}05)\ U_{nom} = 0{,}9.220 = 198\ \text{V}.$$

$$u_t = 2{,}15\ \text{V}.$$

Rezultatele calculelor sînt date în tabela 1.

Ca trăsături generale pentru tendința actuală în domeniul schemelor pentru baterii de acumulatoare, se pot evidenția următoarele :

— orientarea spre simplificarea schemelor bazată pe acceptarea unor limite relativ largi de variație a tensiunii la consumatori ;

— preferința față de schemele care asigură condiții identice pentru toate elementele, mărind prin aceasta durata de viață a bateriei ;

— limitarea tensiunii de încărcare la valoarea tensiunii de încărcare puternică, fără degajare de gaze, ceea ce evită uzura accentuată a elementelor, care se produce în timpul fierberii.

Alegerea uneia sau alteia dintre scheme, pentru instalațiile noi, este o problemă care trebuie rezolvată, ținîndu-se seamă de cerințele impuse de consumatori și de condițiile de exploatare.

Comparînd soluțiile din punct de vedere economic, cele mai scumpe sînt schemele de baterie cu comutator, și sistemul cu redresor de rețea pentru consumatorii permanenți. Întrucît aceste soluții prezintă în același timp complicații de ordin constructiv și de exploatare, se consideră că trebuie aplicate numai în cazuri speciale.

Celelalte scheme de baterie, descrise mai sus, prezintă diferențe de cost care nu pot influența în mod hotărîtor alegerea soluției. Din această cauză, atît din punct de vedere al performanțelor tehnice cît și din punctul de vedere al utilizării într-o măsură cît mai mare a aparatajului fabricat în țară, se consideră indicat ca la proiectarea instalațiilor noi să se adopte baterii cu priză (soluție folosită deja într-o serie de centrale) și să se analizeze posibilitatea introducerii bateriilor divizate, care prezintă în plus avantajul menținerii unei tensiuni mai ridicate în regim de avarie.

În ceea ce privește instalațiile existente, este util de a se analiza, de la caz la caz, posibilitatea realizării încărcării bateriei la tensiunea de încărcare fără degajare de gaze ($u_p = 2{,}35$ — 2,4 V/element) [14].

3. Rețeaua de distribuție

Structura rețelei de distribuție are o însemnătate deosebită pentru siguranța în alimentare a consumatorilor de curent continuu. În acest sens, se urmărește realizarea unei scheme sigure, suficient de elastică și în același timp simplă și clară.

Pentru tabloul principal, se adoptă fie sistemul cu bare duble, fie sistemul de bare simple secționate longitudinal. Indiferent de sistemul adoptat, toți consumatorii importanți se prevăd cu două alimentări. Sistemul cu bare duble permite conectarea atît a surselor cît și a fiecărei

Tabela 1

Schema de conexiuni	n	n_p	n_s^*	u_d	u_i	$U_{Bmax.}$	$U_{Bmin.}$	U_s	U_r
Baterie cu comutator	128	88	108	1,8	2,6	231	231	231	—
Baterie cu număr fix de elemente, cu deconectare la încărcare	110	—	110	1,8	2,6	—	198	236	—
Baterie cu număr fix de elemente, fără deconectare la încărcare	104	—	104	1,9	2,35	243	198	224	—
Baterie cu priză	110	93	110	1,8	2,6	243	198	236	—
Baterie divizată	(110) 114	104	104	1,8	2,35	243	(198) 205	224	—
Sistem cu redresor de rețea pentru consumatorii permanenți	114	84	114	1,8	2,6	243	205	243	231

*) n_s – numărul de elemente conectate la bare, în regim de funcționare tampon.

plecări pe ambele sisteme de bare. În sistemul cu bare simple, cele două plecări aferente aceluiaşi consumator sînt conectate pe secţii diferite.

Adoptarea unei scheme cu sistem dublu de bare trebuie făcută numai pe baza unei analize atente, deoarece avantajele ce rezultă din plusul de elasticitate pe care îl conferă nu compensează totdeauna în exploatare dificultăţile ce rezultă din complicaţia instalaţiei.

În centralele echipate cu grupuri de putere unitară mare (200 MW şi mai mult) se prevăd instalaţii de curent continuu separate pentru fiecare bloc, cu posibilităţi de rezervare reciprocă şi alimentări de rezervă de la o instalaţie comună. La centralele cu staţii electrice importante se prevăd instalaţii de curent continuu separate pentru deservirea acestora. Rezultă deci un număr relativ mare de secţii de bare de curent continuu şi reţele de distribuţie cu funcţionare independentă. Mai mult, la grupuri de foarte mare putere (600 MW), unii consumatori vitali şi unele protecţii cu caracter special se dublează, adoptîndu-se soluţia alimentării lor de la surse şi reţele independente de instalaţiile de bază de curent continuu [15].

Concluzii

Pe măsură ce puterea unitară a grupurilor montate în centralele electrice creşte, sporesc exigenţele legate de continuitea funcţionării serviciilor interne de curent continuu.

Din această cauză se urmăreşte adoptarea unor scheme simple şi sigure — realizate cu un echipament robust atît la surse cît şi în reţeaua de distribuţie — care să asigure, în acelaşi timp, o rezervare efectivă pentru consumatorii vitali.

Bibliografie

[1] Swoboda, R. *Ladung und Pufferung von Betätigunsbatterien im Kraftwerksbetrieb.* AEG — Mitteilungen *47* (1957), nr. 5/6, p. 170—175.

[2] Baruffa, A. *Les équipements électriques des services auxiliaires de grandes centrales à vapeur.* Revue Brown Boveri *45* (1958), nr. 7/8, p. 363—371.

[3] Schauerhammer, P. şi Wartenberg, W. E. *Gleichstromanlagen in Dampfkraftwerken.* Elektrizitätswirtschaft *64* (1965), nr. 5, p. 128—135.

[4] Tixier, J. *Étude des dispositions assurant le fonctionnement correct des auxiliaires électriques des centrales thermiques lors des incidents de réseau.* Revue Générale de l'Électricité *45* (1961), nr. 10, p. 463—476.

[5] Apelt, O. şi Hartmann, K. *Kraftwerk Staudinger der Preussischen Elektrizitäts-Aktiengeselschaft.* Siemens Zeitschrift *40* (1966), nr. 8, p. 591—603.

[6] Gramier, I. M. şi Hurtinger, J. *Mise en service d'une centrale à automatisation poussée (Saint — Ouen).* Revue Générale de l'Électricité *75* (1966), nr. 7—8, p. 959—976.

[7] Beke, G. şi Lustig, H. D. *Selbstgeführte Umrichter für die Unterbrechungslose Stromversorgung wichtiger Anlagen.* BBC Nachrichten *46* (1964), nr. 12, p. 660—668.

[8] Jones, A. R. şi Baldwin, C. J., Jr. *New Problems in Auxiliary System Design Supercritical-Pressure and Nuclear Plants.* Power Apparatus and Systems nr, 30, 1957, p. 157—166.

[9] Glocker, K. *Unterbruchslose Wechselstrom — Versorgungsanlagen.* Electrizitätsverwertung *36* (1961), nr. 3—4, p. 58—67.

[10] Balkov, J. *Anwendung von Leistungsgleichrichtern in Ladegeräten.* ETZ-A, *80* (1959), nr. 15 (aug.), p. 512—514.

[11] Gondosch, M. şi Kulik, P. *Die elektrischen Eigenbedarfsanlagen in modernen Dampfkraftwerken, ihre Steuerung und Überwachung.* AEG — Mitteilungen, *53* (1963), nr. 9/10, p. 293—304.

[12] * * * STAS 445-52. *Acumulatoare cu plăci de plumb pentru instalaţii staţionare.*

[13] Sinciugov, F. I. *Vibor optimalnovo diapazona napreajenii na zajimah elektromagnitovo privoda vîkliuceatelia.* Elektriceskie stanţii *35* (1964), nr. 4, p. 62—65.

[14] Fuks, D. A., Novoderejkin, V. V. Şeinina, F. B., Izraileva, E. S. şi Durov, V. P. *Novîi sposob ekspluataţii akumuleatornîh batarei na elektriceskih stanţiah i podstanţiah.* Energhetik *12* (1964), nr. 7, p. 27—29.

[15] Sénechant, P. şi Binois, M. *La première unité de 600 MW de la nouvelle centrale thermique „Porcheville B".* Revue Générale de l'Electricité *75* (1966), nr. 11, p. 1319—1336.

(Articol intrat in redacţie la 29 aprilie 1967)

Probleme specifice ale serviciilor proprii în centralele termoelectrice de mare putere

Ing. D. Pătrăşescu*)

1. Factori determinanţi specifici

Serviciile proprii ale centralelor electrice prezintă, faţă de alţi consumatori de energie electrică, unele caractere specifice, între care cele deosebit de importante sînt:

a) Ele pretind o continuitate perfectă în alimentare, orice întrerupere, chiar de scurtă durată, conducînd la înteruperi importante în producţia de energie. Nealimentarea unora dintre consumatori (pompe de ungere, viroare, unele vane sau echipamente AMC) poate duce la deteriorări grave ale utilajelor de bază.

b) Mecanismele auxiliare sînt sensibile la nerespectarea condiţiilor de calitate a energiei electrice, în mod deosebit la menţinerea frecvenţei nominale.

c) Perturbaţiile în funcţionarea serviciilor proprii se răsfrîng, într-un timp foarte scurt, asupra funcţionării centralelor, afectînd în mod substanţial puterea produsă şi eventual calitatea ei. La nivelul sistemului energetic, serviciile proprii reprezintă calea de reacţie prin care perturbaţiile de sistem (întreruperi, căderi de tensiune, căderi de frecvenţă), influenţînd funcţionarea centralelor, se pot dezvolta sau limita.

Mecanismul producerii şi dezvoltării acestor perturbări şi cererii de sistem este larg descris în literatură.

În cazul CTE de mare putere se subliniază următoarele:

d) Aceste centrale sînt, în cele mai multe sisteme, sursele de bază. Deci comportarea serviciilor proprii ale acestor centrale la întreruperi de alimentare, scăderi ale tensiunii sau scăderi ale frecvenţei este determinantă pentru funcţionarea sistemului respectiv.

e) Aceste centrale alimentează consumatori îndepărtaţi din punct de vedere electric. Între generator şi consumatori, respectiv între generator şi serviciile proprii, intervine un număr relativ mare de trasformatoare şi instalaţii de distribuţie. Această situaţie prezintă importanţă mare atît în problema căilor de alimentare a serviciilor proprii cît şi în cea a menţinerii unei încărcări convenabile a grupurilor în timpul avariilor de sistem.

f) Sînt necesare motoare de puteri unitare mari (de ordinul megawaţilor).

g) Dimensiunile mari ale incintelor şi mai cu seamă ale clădirilor principale, densitatea deosebit de mare a consumului, posibilitatea scăpărilor mari de abur şi adeseori existenţa prafului de cărbune impun soluţii constructive specifice.

În cele ce urmează se fac referiri la soluţiile uzuale pe plan mondial în ceea ce priveşte concepţia centralelor, neconsiderînd deci soluţiile particulare, de interes istoric sau local. Se consideră deci centrale termoelectrice cu unităţi de 100 MW sau mai mult, cu schemă-bloc atît pe partea termică cît şi pe partea electrică, funcţionînd interconectat în sisteme de mare putere şi cu surse de energie numeroase, care alimentează consumatori de natură diversă.

Ţinînd seamă de cele arătate mai sus (punctele a — g), se consideră ca acceptată ideea că serviciile proprii şi în general ansamblul centralelor să facă faţă următoarelor situaţii:

— oscilaţiile de tensiune şi frecvenţă să aibă o influenţă cît mai mică asupra puterii debitate;

— blocurile să nu fie scoase din funcţiune în cazul unor scurt-circuite în reţeaua de înaltă tensiune eliminate de protecţie;

— centralele să poată fi menţinute în funcţiune în cazul unor dispariţii sau reduceri de scurtă durată ale sarcinii;

— blocurile să poată fi puse, respectiv repuse, în funcţiune, în regimuri anormale de funcţionare a sistemului (deci cu tensiune sau frecvenţă anormală).

Problemele sînt cunoscute şi tratate în literatură de multă vreme [1—11]; importanţa şi dificultăţile lor de rezolvare au crescut însă cu dezvoltarea sistemelor şi creşterea puterilor unitare ale blocurilor.

Realizarea unor centrale cu grupuri mari, corespunzătoare celor arătate, ridică probleme constructive şi economice dificile. Rezultă necesitatea stringentă a urmăririi compromisurilor celor mai avantajoase din punct de vedere tehnico-economic, dintre performanţele centralelor în regim de avarie şi cheltuielile pe care le necesită realizarea acestor performanţe. Dat fiind tendinţa de interconectare dintre diverse ţări şi intensul schimb internaţional al cărui obiect îl formează echipamentul energetic, ar fi deosebit de oportună o normare internaţională. În această direcţie este cunoscută activitatea de normare şi experimentare a societăţii Electricité de France [3], [4], [5], [6], [7], [8]. Nu ne este cunoscută o activitate similară în alte ţări; au fost parţial normate tensiunile la care motoarele trebuie încă să autopornească [11], [13].

---

*) D. Pătrăşescu este inginer la ISPE.

2. Caracteristicile motoarelor electrice

Necesitatea pornirii rapide şi mai cu seamă a autopornirii a generalizat folosirea motoarelor asincrone cu rotorul în scurtcircuit; pentru motoarele de mare putere se are în vedere uneori folosirea unor motoare cu curenţi de pornire mai mici [12], [14].

La alegerea motoarelor în scurtcircuit trebuie acordată o atenţie deosebită următoarelor:

a) Curenţii de pornire I_p trebuie să aibă valori mici, fără a conduce însă la timpi de pornire foarte mari. Se consideră drept un compromis avantajos un raport $I_p : I_n = 5 \ldots 6$, ceea ce duce la un curent de autopornire după o pauză de 1–2″ de circa 3–3,5 I_n [10], [15], [16].

În principiu este avantajoasă folosirea motoarelor cu bare înalte sau cu dublă colivie; din dorinţa de a se întrebuinţa motoare de serie se utilizează încă în mult mai mare măsură motoare cu colivie simplă.

b) Caracteristica mecanică trebuie să îndeplinească următoarele condiţii:

— Să permită pornirea la tensiunea redusă (EdF prescrie pentru reţea 0,85 U_n).

— Să aibă un cuplu de răsturnare suficient de mare, pentru ca la tensiunea la borne admisă în situaţii de autopornire (0,65–0,7 U_n funcţie de prescripţie) cuplul motor să fie încă suficient de mare ca să învingă cuplul rezistent al mecanismului şi să permită accelerarea.

Această condiţie conduce la rapoarte $M_{max} : M_n = 2{,}2 \ldots 2{,}4$, care sînt realizate de numeroase motoare de fabricaţie curentă.

— Pentru motoarele mecanismelor care nu admit variaţii mari de turaţie la variaţii de sarcină şi tensiune, cuplul maxim va fi dezvoltat la alunecări foarte mici.

Se evită motoarele care admit mai multe puncte de funcţionare stabilă.

c) Din punctul de vedere al solicitărilor termice este necesar ca motoarele să poată funcţiona cîteva zeci de minute cu tensiune coborîtă. Pentru aceasta pot fi luate în cosiderare următoarele soluţii:

— Alegerea unor motoare de construcţie curentă cu putere nominală mult mai mare decît puterea efectiv necesară. Soluţia prezintă dezavantajul unor costuri ridicate, factor de putere coborît în funcţionare normală şi curenţi de pornire mari.

— Întrebuinţarea unor motoare de putere nominală adecvată, la a căror dimensionare s-a ţinut seamă de regimul termic la funcţionare cu tensiune redusă (soluţia EdF). Soluţia este avantajoasă în măsura în care numărul de motoare necesare pentru centrale electrice permite fabricare economică a unor serii de motoare speciale.

3. Alegerea puterii transformatoarelor, a tensiunii şi a nivelului de scurtcircuit în instalaţiile de distribuţie

În afara condiţiilor de alegere a transformatoarelor de uz comun, pentru transformatoarele de servicii proprii prezintă importanţă practică deosebită condiţia ca tensiunea la consumator să nu scadă sub anumite valori în cazul pornirii motoarelor mari şi în timpul autopornirii. Aceste valori sînt în general reglementate prin norme; ele sînt de 80–88% pentru porniri şi 65–70% pentru autoporniri. Deoarece în centrale cea mai mare parte a motoarelor trebuie să autopornească, iar curenţii de pornire a unor motoare pot avea valori foarte mari, comportarea la pornire şi autopornire este adesea determinantă în alegerea schemei de distribuţie şi a echipamentului.

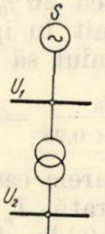
Pentru precizarea ideilor, în cele ce urmează se vor enunţa cîteva relaţii matematice simple. Se consideră un sistem S de reactanţă X_s, un transformator de reactanţă X_{tr} şi un motor (sau un grup de motoare) de reactanţă X_m. Tensiunea U_2 nu trebuie să scadă sub valorile prescrise pentru pornire sau autopornire. Deoarece, după o pauză de tensiune, curentul iniţial luat de un motor este mai cu seamă inductiv, ca şi curenţii de scurtcircuit, se pot întrebuinţa în calcule reactanţe şi puteri de scurtcircuit. La un scurtcircuit pe bara 2 (de tensiune U_2) sistemul îl alimentează cu:

$$P_{sc\,c2} = \frac{P_b}{X_{s*} + X_{tr*}}, \qquad (1)$$

în care P_b este puterea de bază.

În situaţii de pornire, respectiv autopornire, motoarele absorb:

$$P_p = \frac{P_b}{X_{s*} + X_{tr*} + X_{m*}} \qquad (2)$$



Fi4. 1

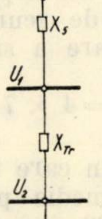


Fig. 2

în care X_{m*} este reactanţa motorului în regimul respectiv, dacă la borne se aplică tensiunea nominală, deci

$$X_{m*} = \frac{P_b}{P'_p}, \qquad (3)$$

P'_p fiind puterea absorbită de motor dacă tensiunea la borne se menţine la valoarea nominală.

Căderile de tensiune provocate de pornire, respectiv autopornire, se repartizează după cum urmează:

$$\Delta U_{1*} = \frac{P_p}{P_b} X_{s*} \qquad (4)$$

$$\Delta U_{2*} = \frac{P_p}{P_b} (X_{s*} + X_{tr*}). \qquad (5)$$

ΔU_1 este de obicei foarte mic, aşa încît interesează valoarea ΔU_2. Utilizînd relaţia (2), rezultă:

$$\Delta U_{2*} = \frac{(X_{s*} + X_{tr*})}{X_{s*} + X_{tr*} + X_{m*}} =$$

$$= \frac{\dfrac{P_b}{P_{sc\ c2}}}{\dfrac{P_b}{P_{sc\ c2}} + \dfrac{P_b}{P'_p}} = \frac{P'_p}{P'_p + P_{sc\ c2}} \qquad (6)$$

$$\text{iar } U_{2*} = 1 - \Delta U_{2*} = \frac{P_{sc\ c2}}{P'_p + P_{sc\ c2}} = \frac{1}{\dfrac{P'_p}{P_{sc\ c2}} + 1} \qquad (7)$$

Relaţiile scot în evidenţă faptul că, pentru menţinerea U_2 în limite normale, puterile mari absorbite la pornire sau autopornire conduc la puteri mari de scurtcircuit.

Admiţînd la pornire $\Delta U_{2*} = 0{,}2$, rezultă ca obligatoriu:

$$P_{sc\ c2} = 4\ P'_p. \qquad (8)$$

Admiţînd la autopornire $\Delta U_{2*} = 0{,}3$, rezultă ca obligatoriu:

$$P_{sc\ c2} = 2{,}34\ P'_p. \qquad (9)$$

În cazul în care cel mai mare motor are $I_p = 7\ I_n$, $\cos \varphi_n = 0{,}85$, iar $\eta = 0{,}95$ la P_n, rezultă că, pentru ca la pornirea lui căderea de tensiune să nu depăşească 20%, este necesar ca puterea de scurtcircuit în ipoteza minimă de funcţionare a sistemului să fie cel puţin:

$$P_{sc\ c2} = 4 \times 7 \frac{P_n}{0{,}85 \times 0{,}95} = 34{,}6\ P_n. \qquad (10)$$

În cazul în care motoarele care autopornesc absorb în medie ponderată $I_p = 3{,}5\ I_n$, au $\cos \varphi_n = 0{,}82$, iar $\eta = 0{,}92$ la P_n, rezultă că, pentru a nu avea în condiţii de autopornire căderi de tensiune mai mari de 30%, este necesar ca puterea de scurtcircuit în ipoteza minimă de funcţionare a sistemului să fie de cel puţin:

$$P_{sc\ c2} = 2{,}34 \cdot 3{,}5 \frac{\Sigma P_n}{0{,}82 \cdot 0{,}92} = 10{,}9\ \Sigma P_n. \qquad (11)$$

Existenţa legăturii dintre puterea de scurtcircuit în reţeaua de servicii proprii, puterea celui mai mare motor (respectiv a sumei motoarelor obligate să pornească simultan) şi a puterii motoarelor care autopornesc prezintă un interes practic deosebit. Mergînd mai departe cu exemplificarea, se vor examina posibilităţile unei reţele de 6 kV, dimensionată pentru un nivel de scurtcircuit de 250 MVA şi destinată să alimenteze consumatori de servicii proprii ce îndeplinesc condiţiile pe baza cărora au fost determinate relaţiile (10) şi (11). Ţinînd seamă de necesitatea unei rezerve care să acopere aportul la scurtcircuit al motoarelor, de variaţiile de reactanţă ale transformatorului de alimentare în timpul reglajului raportului de transformare şi diversitatea de scheme de funcţionare a sistemului, se va admite o valoare mai coborîtă a puterii de scurtcircuit efectiv debitate de generatoare; în cazul nostru ea va fi de 200 MVA în loc de 250 MVA.

În această reţea, puterea celui mai mare motor nu va putea depăşi:

$$P_n = \frac{P_{sc\ c2}}{34{,}6} = \frac{200}{34{,}6} = 5{,}77 \text{ MW}. \qquad (12)$$

Dacă s-ar fi admis o cădere de tensiune de 15%, această putere ar fi fost de numai 4 MW.

În aceeaşi reţea pot autoporni motoare însumînd:

$$\Sigma P = \frac{P_{sc\ c2}}{10{,}9} = \frac{200}{10{,}9} = 18{,}4 \text{ MW}. \qquad (13)$$

În cazul în care este necesară utilizarea unor motoare de puteri unitare mai mari, fără a exista posibilitatea limitării curentului de pornire, este obligatorie racordarea acestor motoare la o reţea cu nivel de scurtcircuit mai ridicat. Funcţie de situaţia concretă, studiile tehnico-economice pot indica pentru aceasta o reţea de 6 kV cu nivel de scurtcircuit mai ridicat, o reţea cu două nivele de puteri de scurtcircuit, folosirea unei tensiuni mai ridicate (10 kV), la care se poate obţine dimensionarea în condiţii economice a instalaţiilor la un nivel ridicat de scurtcircuit, sau alte soluţii.

În cazul în care suma puterilor nominale ale motoarelor care trebuie să autopornească este mai mare, este de ales între admiterea unui nivel de scurtcircuit mai ridicat şi gruparea consumatorilor pe mai multe secţii de bare alimentate distinct (în acest caz, puterea surselor care alimentează o secţie de bare şi deci puterea de scurtcircuit scade). Ridicarea nivelului de scurtcircuit este în general mai scumpă decît fragmentarea secţiilor de bare şi a alimentărilor; ea poate fi însă interesantă în cazul în care şi condiţiile de pornire a motoarelor mari reclamă puteri de scurtcircuit ridicate.

Mărirea numărului de secţii şi alimentări cu menţinerea unui nivel de scurtcircuit moderat se realizează uzual prin folosirea transformatoarelor cu două sau mai multe înfăşurări secundare. Utilizarea mai multor transformatoare normale cu două înfăşurări este şi ea uzuală, însă este mai scumpă şi creează adeseori dificultăţi la realizarea legăturilor la tensiunea generatoarelor.

Se observă că la centralele de mare putere, problema căderilor de tensiune în regim de pornire şi autopornire a motoarelor este determinantă pentru alegerea soluţiei de distribuţie (schemă, tensiune, performanţe ale echipamentului). În cazul folosirii unor motoare foarte mari cu pornire directă (electropompe de alimentare de mare capacitate), se impun soluţiile cu nivel ridicat de scurtcircuit sau cu două nivele de scurtcircuit. În celelalte cazuri rămîne determinant criteriul căderii de tensiune la autopornire ; acesta conduce la menţinerea unui nivel de scurtcircuit moderat şi la folosirea transformatoarelor cu mai multe înfăşurări.

Obţinerea valorii dorite a puterii de scurtcircuit în condiţii economice necesită o alegere atentă a puterii nominale a înfăşurărilor transformatoarelor, ca şi a tensiunii de scurtcircuit. Este necesar ca reactanţa transformatorului să conducă la valoarea dorită a puterii de scurtcircuit fără ca puterea nominală să depăşească în mod substanţial puterea maximă absorbită. Este de asemenea de notat că folosirea unor transformatoare de putere mare cu reactanţe mărite în vederea limitării puterilor de scurtcircuit este ineficace ; într-o asemenea soluţie ar fi blocată o parte din capacitatea transformatorului respectiv, încărcarea lui fiind limitată la puterea absorbită de motoarele care satisfac relaţia (11).

Pentru concretizare se vor folosi aceleaşi ipoteze ca şi la stabilirea relaţiilor (11) şi (12). Se admite în plus că

$$X_s = 0{,}1\,X_{tr}$$

(ipoteza este apropiată de cazurile reale, iar abaterile care pot interveni nu modifică concluziile de principiu). Deci luînd $P_b = 1000$ MVA,

$$P_{sc\,c} = 200 = \frac{P_b}{X_s + X_{tr}} = \frac{1\,000}{0{,}1\,X_{tr} + X_{tr}} \qquad (14)$$

$$220\,X_{tr} = 1000 \qquad (15)$$

$$X_{tr} = \frac{1000}{220} = 4{,}54 \qquad (16)$$

Se consideră că toate motoarele aflate în funcţionare normală urmează să autopornească şi puterea aparentă absorbită reprezintă :

$$S_a = 0{,}9\,\Sigma P_n = 0{,}9 \times 18{,}4 = 16{,}6 \text{ MVA}. \qquad (17)$$

Deoarece la transformatoare

$$X = \frac{\varepsilon}{100}\,\frac{P_b}{P_n} = \frac{10\,\varepsilon}{P_n}, \qquad (18)$$

pentru o putere nominală de 20 MVA

$$X_{tr} = 4{,}54 = \frac{10\,\varepsilon}{20}, \qquad (19)$$

$$\varepsilon = 9{,}08 \qquad (20)$$

Valoarea obţinută este uzuală. Dacă însă am fi dorit să întrebuinţăm transformatoare de 40 MVA cu aceeaşi reactanţă absolută pentru a obţine aceeaşi putere de scurtcircuit, puterea motoarelor care autopornesc şi sarcina maximă ar fi rămas aceleaşi (18,4 MW, respectiv 16,6 MVA).

Pentru alegerea tensiunilor optime de distribuţie sînt de luat în considerare desigur calculele tehnico-economice. Metodologia este clasică, este adeseori citată în literatură [18], însă interesul practic pe care îl prezintă este limitat de necesitatea de a întrebuinţa echipament (în special motoare) de tipodimensiuni produse curent. Nu se va insista asupra lor, deoarece în condiţiile actuale nu dispunem oricum de o gamă largă de echipamente cu tensiuni apropiate care să poată fi comparate tehnico-economic pentru fiecare situaţie în parte.

4. Necesitatea şi alegerea surselor de rezervă

Sursele de rezervă sînt destinate să îndeplinească următoarele funcţiuni :

a) Să asigure funcţionarea în continuare a blocului sau a centralei în cazul avarierii sursei de alimentare normală.

b) Să împiedice avarierea utilajelor sau producerea unor accidente umane.

Aceste două funcţiuni impun condiţii diferite şi se soluţionează în mod diferit, după cum urmează :

a) Pentru funcţionarea în continuare este necesară întreaga putere absorbită de serviciile proprii şi respectarea condiţiilor de pornire, respectiv autopornire, fiind deci necesară o sursă puternică. Indisponibilitatea acestei surse atrage indisponibilitatea blocului cu consecinţele ei asupra ansamblului sistemului.

Sursa de rezervă poate constitui totodată sursă de alimentare a blocurilor în timpul pornirii, respectiv al opririi, în situaţii normale, şi sursă de alimentare a serviciilor proprii generale.

Soluţia cvasigenerală pentru asigurarea acestei surse de utilitate multiplă (rezervă pentru blocuri, sursă de pornire-oprire, sursă de alimentare normală a serviciilor proprii generale) o constituie un racord simplu sau dublu, din reţeaua locală. Se utilizează în principiu reţeaua de cea mai joasă tensiune, capabilă să livreze puterea necesară cu un nivel ridicat de siguranţă ; este de preferat ca această reţea să aibă altă tensiune decît cea de debitare a centralei. Uneori se întrebuinţează pentru aceste scopuri înseşi transformatoarele de alimentare normală a serviciilor proprii ale blocurilor. În cazul unităţilor de putere mare, această soluţie comportă dezavantaje importante, care o fac interesantă doar în cazuri speciale, ca acela al centralelor monobloc, al celor amplasate în regiuni în care nu există reţele potrivite pentru realizarea unui racord din reţea [7], [17] etc. Dezavantajele sînt :

— Pentru a face posibilă pornirea este necesară complicarea şi micşorarea nivelului de siguranţă la legăturile dintre generator şi barele de înaltă tensiune pe care debitează, prin înserierea a două întrerupătoare automate. În situaţia din figura 3 este necesară introducerea unor aparate de curenţi nominali şi de stabilitate la scurtcircuite foarte mari ; construcţia unor asemenea aparate pentru grupurile de putere mare este deosebit de dificilă. În situaţia din figura 4 se întrebuinţează numai aparate normale, însă transformatorul de servicii proprii este de construcţie mai scumpă.

— Serviciile proprii generale, necesare pentru funcţionarea tuturor blocurilor, sînt dependente de funcţionarea serviciilor proprii ale blocului la care sînt racordate.

— Eventualele defecte în reţeaua serviciilor proprii generale perturbă funcţionarea serviciilor proprii de bloc (creşte frecvenţa avariilor în reţeaua alimentată de bloc).

Pentru asigurarea rezervei este necesară fie dublarea transformatoarelor de servicii proprii ale fiecărui bloc (cu eficacitate redusă în numeroase situaţii de avarie), fie, în cazul unui număr par de blocuri, dimensionarea transformatorului de servicii proprii ale fiecărui bloc, astfel încît să suporte sarcina serviciilor proprii a două blocuri . Cea de-a doua soluţie lasă un bloc fără rezervă în cazul indisponibilităţii celui de-al doilea, iar în cazul blocurilor mari creează dificultăţi suplimentare în respectarea condiţiilor de autopornire, menţinerea puterilor de scurtcircuit în limite rezonabile etc. ; soluţionarea acestor dificultăţi se soldează cu investiţii suplimentare importante.

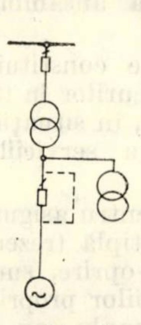


Fig. 3

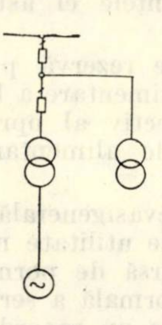


Fig. 4

Deşi, la prima vedere, renunţarea la racordul din sistem pare a micşora investiţiile, numeroasele cheltuieli suplimentare în cadrul blocului fac soluţia neinteresantă şi din punct de vedere economic pentru cazurile curente.

b) În cazul unei avarii care scoate din funcţionare atît centrala cît şi legăturile cu sistemul — deci rezervele de la punctul a) sînt ieşite din funcţiune — trebuie să fie posibilă oprirea centralei fără avarierea utilajelor sau accidente umane.

Pentru aceasta este necesar ca unii consumatori, ca pompele de ungere ale turbinelor, viroarele, iluminatul de siguranţă, unele vane şi instalaţiile de comandă sau protecţie, să fie alimentate în continuare de la alte surse. În afară de instalaţiile de acumulatoare, general utilizate, la grupurile mari capătă răspîndire largă grupurile Diesel cu pornire automată rapidă la căderea celorlalte alimentări de curent alternativ. Ele permit alimentarea în această situaţie de avarie a unui număr mai mare de receptoare, evitînd totodată mărirea excesivă a capacităţii bateriilor de acumulatoare o dată cu creşterea puterii blocurilor. Pe plan mondial nu există un punct de vedere unitar asupra necesităţii şi nici asupra numărului de grupuri care se montează într-o centrală ; astfel, în U.R.S.S. nu se montează grupuri Diesel, în Europa centrală se montează cîte unul pe centrală, iar în Franţa cîte unul pe bloc.

5. Dimensionarea surselor de rezervă. Schemele de distribuţie

În ceea ce priveşte dimensionarea racordurilor din sistem pentru serviciile proprii de curent alternativ, punctele de vedere sînt foarte diferite. În general, racordul este simplu la centralele cu 1—2 blocuri, dublu pentru centralele cu mai multe blocuri ; uneori, pentru centrale cu număr mare de blocuri, se preconizează un număr mai mare de racorduri. Dimensionarea lor se face şi ea în mod foarte diferit. În ţara noastră, ca şi în alte părţi, s-a răspîndit procedeul ca la centralele cu mai multe blocuri să se prevadă două transformatoare, fiecare dintre ele fiind capabil să suporte următoarele sarcini suprapuse :

— serviciile proprii generale ;

— serviciile proprii ale unui bloc în plină sarcină ;

— serviciile proprii ale unui bloc în curs de pornire sau oprire.

Se consideră că aceste condiţii sînt prea dure, ele conţinînd admiterea suprapunerii avarierii transformatorului de servicii proprii ale unui bloc cu unul dintre cele două transformatoare de racord din reţea. Este suficient ca aceste sarcini suprapuse să fie suportate de ambele transformatoare de racord la reţea în funcţiune. Fiecare dintre ele, luat separat, trebuie să poată suporta fie serviciile proprii ale unui bloc în plină sarcină, fie următoarele sarcini suprapuse:

— serviciile proprii generale;

— serviciile proprii ale unui bloc în curs de pornire sau oprire.

Ţinînd seamă de probabilitatea foarte mică a indisponibilităţii transformatoarelor pentru serviciile proprii de bloc şi mai cu seamă a suprapunerii unor asemenea indisponibilităţi, se consideră că un număr mare de grupuri nu justifică realizarea a mai mult de două racorduri din reţea.

În ceea ce priveşte schema de distribuţie sînt esenţiale următoarele:

— evitarea alimentărilor în cascadă. Este deosebit de important ca numărul de trepte de timp ale protecţiilor să fie cît mai mic şi deci durata lipsei de tensiune înainte de AAR să fie cît mai mică;

— simplitatea, claritatea şi simetria schemei;

— posibilitatea automatizării manevrelor (prin AAR) necesare alimentării secţiilor importante de bare;

— posibilitatea funcţionării în continuare a unui bloc sau a unei gospodării anexe cu o capacitate cît mai mare, în cazul căderii uneia dintre secţiile de bare care o alimentează în mod normal;

— comutarea automată pe sursa de rezervă să se facă printr-un număr minim de anclanşări (în general una).

Pentru grupul Diesel este necesară o secţie specială de bare, alimentată în mod normal din reţeaua de servicii proprii generale, pe care să fie grupaţi toţi consumatorii care urmează să fie preluaţi de acest grup.

Concluzii

Condiţiile funcţionale specifice ale serviciilor proprii ale grupurilor de mare putere ridică probleme deosebite de schemă şi echipament. Ele conduc în principal la:

— alegerea şi dimensionarea motoarelor pe baza condiţiilor specifice de autopornire şi funcţionare la tensiune redusă;

— realizarea unor instalaţii de distribuţie capabile să asigure o tensiune convenabilă în condiţii de pornire şi autopornire;

— existenţa unor surse de rezervă cu siguranţă mare de funcţionare.

BIBLIOGRAFIE

[1] Sîromeatnikov, I. A. *Probleme fundamentale ale protecţiei prin relee şi automatizări.* Elektricestvo nr. 11, 1954.

[2] Penescu, *C. I. Automatica şi telemecanica sistemelor energetice.* Editura Academiei R.S.R., 1960.

[3] Tixier, J. *Studiul dispoziţiilor care asigură funcţionarea corectă a auxiliareler electrice ale centralelor termoelectrice la incidente în reţea.* Revue Générale de l'Electricité nr. 10, 1961.

[4] Favez, N. B. *Analiza comportării materialului electric după un defect în reţea, şi mai ales a grupului turboalternator şi a grupurilor auxiliare, deduse din încercările făcute la centrala din Montereau.* Bul. Soc. Fr. des Electriciens, nr. 30, 1962.

[5] Josse, M. H. *Rolul şi comportarea centralelor termoelectrice după defecte care intervin în reţea.* Bul. Soc. Fr. des Electriciens nr. 30, 1962.

[6] Friedberger, J., Josse, M. H., Magnien, M. şi Théodore, J. *Alimentarea auxiliarelor centralelor termoelectrice.* CIGRE, 1960.

[7] Cartal, C. *Instalaţii electrice.* La technique moderne nr. 4, 1963.

[8] Trochard, J. *Motoarele asincrone auxiliare ale centralelor termice.* La technique moderne nr. 12, 1964.

[9] Chenzbraun, I. *Păstrarea în funcţiune a serviciilor interne la defecte produse în apropierea centralelor electrice.* Energetica nr. 3, 1966.

[10] Horodniceanu, M. *Unele aspecte în legătură cu mărirea siguranţei alimentării serviciilor interne din centrale termoelectrice de mare putere.* Energetica nr. 5, 1966.

[11] Altburg, V. *Siguranţa serviciilor proprii electrice la punerea în funcţiune a CTE Lübenau.* Energietechnick nr. 9, 1962.

[12] Hazel, J. R. *Auxiliarele centralelor electrice.* Electronics and Power, dec. 1965.

[13] * * * *Norma de stat cehoslovacă nr. 381120* — Proiectarea serviciilor proprii ale centralelor electrice.

[14] * * * *Acţionarea pompelor de alimentare pentru unităţi mari în centrale electrice.* B.B.C., publicaţia 2958D.

[15] Hasso Leiste ş.a. *Elektrische Energietechnik.*

[16] Reinhold, K. şi Arpke, H. O. *Scheme cu aparate automate de reglare pentru staţii de servicii interne la centrale.* Electrie nr. 1, 1960.

[17] Wartenberg, E. *Conexiunile electrice de servicii proprii în centrale pe abur.* Electrizitätswirtschaft nr. 22, 1960.

[18] Schmitz, G. *Descrierea şi dimensionarea instalaţiilor de servicii proprii în centrale electrice.* Electrizitätswirtschaft nr. 23, 1965.

(Articol intrat în redacţie la 7 iulie 1967)

Soluții tehnice interesante utilizate în proiectul stației de transformare 220/110/20 (15) kV Argeș

Ing. Paul E. Rașcu*

În general, proiectarea unei stații de transformare conține, chiar în cazurile în care se dispune de o experiență de proiectare bogată și de proiecte tipizate, o serie de rezolvări, într-o anumită măsură individuale, care vin să răspundă cît mai bine condițiilor specifice ale lucrării. Lucrurile au fost însă cu mult mai complicate la proiectarea stației de 220/110 kV Argeș, întrucît la data întocmirii proiectelor respective nu se putea vorbi, pe de o parte, de o experiență largă în țara noastră în proiectarea instalațiilor la această tensiune, iar pe de altă parte, importanța și volumul instalațiilor puneau probleme deosebit de dificile sub aspectul terenului disponibil, al siguranței funcționării instalațiilor și al duratei foarte scurte a execuției.

Una dintre caracteristicile de bază ale stației Argeș este că ea intră în rețeaua energetică a țării ca o importantă stație de sistem, fiind prevăzută a se racorda la tensiunile de 400, 220, 110 și 20 (15) kV. Această situație a fost determinată, pe de o parte, de poziția sa geografică, care a favorizat acest lucru, cît și de faptul că stația Argeș va colecta pe barele sale puterea unor centrale care vor însuma aproximativ 1000 MW, iar pe de altă parte, pentru că din stația Argeș se alimentează consumatori importanți atît sub aspectul consumului de energie electrică cît și al siguranței lor în funcționare (combinatele chimice de la Pitești și Govora). Această caracteristică deosebită a stației Argeș și-a impus o notă specifică în rezolvarea tuturor instalațiilor componente.

O altă problemă majoră a stației Argeș a fost, desigur, alegerea amplasamentului cel mai indicat din punct de vedere tehnic și economic. Așa cum era și firesc, realizarea stației Argeș a apărut necesară o dată cu construcția primei centrale mari de pe rîul Argeș, respectiv cu CHE „Gh. Gheorghiu-Dej”. Racordarea la sistemul energetic a acestei centrale, datorită puterii sale mari, s-a hotărît să se facă printr-o stație de 220 kV. Cum pentru construcția unei stații de conexiuni la această tensiune, inclusiv toate circuitele prevăzute în perspectivă a se racorda în acest nod de conexiuni, nu se dispunea de terenul necesar în apropierea CHE „Gh. Gheorghiu-Dej' — care se situează în plin defileu muntos al rîului Argeș —, s-a căutat în aval cel mai apropiat teren care să întrunească condițiile necesare realizării stației de conexiuni. Acest teren a fost identificat și delimitat în satul Căpățîneni, la confluența dintre rîul Argeș și pîrîul Aref. Alte terenuri situate mai în aval pe Argeș au fost eliminate prin studii comparative tehnico-economice.

Din aceste studii întocmite pentru profilul final de echipare a stației, rezulta că, pentru orice deplasare a stației Argeș mai în aval de satul Căpățîneni, cheltuielile suplimentare datorită lungirii racordurilor de linii de înaltă tensiune și legăturilor în cabluri de circuite secundare și telecomunicații cu CHE „Gh. Gheorghiu-Dej” erau de circa 1 mil. lei pe km.

Situația amplasării stației Argeș în satul Căpățîneni a fost mult complicată datorită exproprierilor grădinilor și locuințelor aflate pe terenul afectat de instalațiile proiectate.

Propunerile asupra volumului de exproprieri au fost însă privite cu toată răspunderea, căutînd a fi reduse cît mai mult, atît prin micșorarea la maximum a incintei ocupate și a încadrării favorabile în teren a amplasamentului, cît și a ieșirii convenabile a liniilor de înaltă tensiune. Aceste propuneri au necesitat efectuarea unor studii amănunțite pentru dispoziția constructivă a stațiilor, obținîndu-se în cele din urmă, cu toată complexitatea instalațiilor, o dispoziție foarte compactă a acestora, subliniată prin obținerea unei valori maxime a indicelui de utilizare a terenului (peste 80%) la stațiile de transformare realizate pînă în prezent.

O altă caracteristică a stației Argeș o constituie măsurile adoptate pentru mărirea siguranței în funcționare a instalațiilor. Aceste măsuri s-au făcut simțite încă de la alegerea schemelor electrice ale stațiilor de conexiuni componente. Astfel, atît pentru stația de 220 kV cît și pentru stația de 110 kV, ținînd seama de numărul și importanța circuitelor respective, s-au adoptat soluții cu bare duble colectoare și cu bare de transfer pentru toate circuitele, linii și unități de transformare. Aceste scheme de conexiuni relativ simple, în unele țări chiar scheme clasice (nu în toate însă, de exemplu în Franța, R.D.G), au dat rezultate favorabile în exploatare.

Prin excepție, pentru stația de 20 kV, prevăzută a se construi în interior, s-a adoptat o schemă numai cu bare duble colectoare, care se adaptează foarte bine, într-o perioadă inițială, la o funcționare parțială la tensiunea de 20 kV și de 15 kV, favorizînd o trecere treptată și ușoară a tuturor liniilor de 15 kV din zonă, la tensiunea de 20 kV (fig. 1).

---

*) P. E. Rașcu este inginer specialist la Institutul de studii și proiectări energetice (ISPE) și șeful de proiect complex al proiectului stației de transformare Argeș.

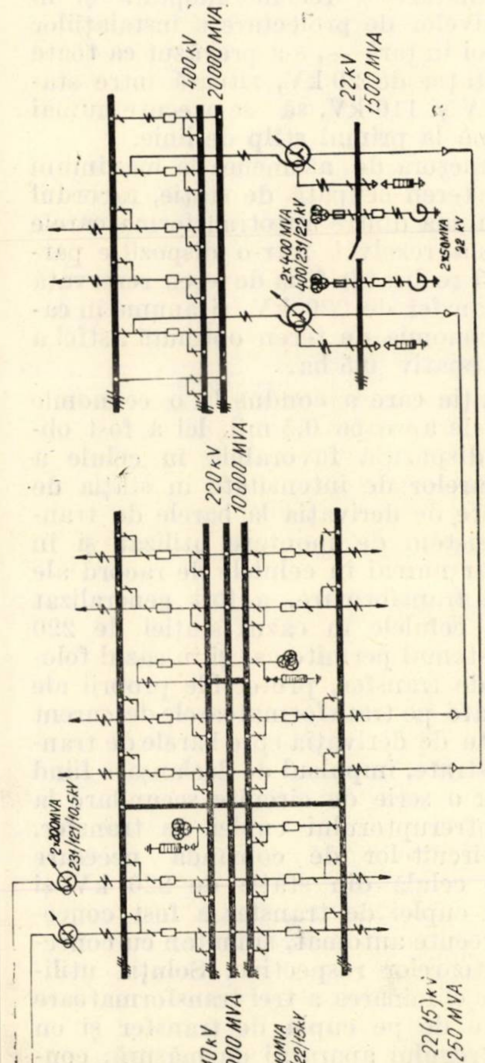


Fig. 1. Schema electrică monofilară a stației Argeș (400) 220/110/20 (15) kV.

În toate schemele de conexiuni amintite numărul întreruptoarelor pe circuit este 1. Se menționează aceasta deoarece, deși încă nerealizată, stația de 400 kV, pentru care se adoptase inițial o schemă cu bare duble colectoare și cu două întreruptoare pe circuit, a fost între timp simplificată la același tip de schemă electrică ca și pentru stațiile de 220 kV și 110 kV, ceea ce se consideră că corespunde necesităților reale ale stației Argeș.

Beneficiarii racordați prin linii în stația Argeș la oricare din stațiile de conexiuni se bucură de o siguranță mărită în alimentarea cu energie electrică, fie pentru că s-au realizat duble alimentări chiar din stația Argeș, fie că o a doua cale de alimentare cu energie a fost posibilă a se realiza din sistemul energetic.

Grija pentru mărirea siguranței în alimentarea consumatorilor, urmărită cu perseverență în toate stațiile de conexiuni, a fost asigurată și în alimentarea serviciilor proprii ale stației. Consumatorii de curent alternativ din serviciile proprii ale stației Argeș sînt grupați în trei puncte de alimentare, respectiv în blocul principal de comandă, în clădirea stației de 20 kV și, în viitor, în stația de 400 kV. În fiecare dintre aceste puncte se echipează posturi de trasformare ce cuprind cîte două unități de transformare 20 (15)/0,4 kV, 400 kVA de putere egală, pentru a putea fi schimbate la nevoie între ele, alimentate, cîte una din fiecare post de transformare, prin cîte o buclă realizată în cablu subteran, cu posibilități de secționare și de la două celule separate din stația de 20 kV.

Pentru alimentarea consumatorilor de curent continuu din serviciile proprii ale stației Argeș, s-a realizat o baterie de acumulatoare de tip LS—12 de 220 V, care se prevede a fi dublată în viitor la apariția stației de 400 kV.

Ca o subliniere suplimentară a asigurării continuității alimentării cu energie electrică a consumatorilor, constituie alegerea unei echipament electric robust, de construcție modernă și cu parametri tehnici ridicați. Astfel, în stația de 220 kV dimensionată pentru o putere de rupere de 10 000 MVA, s-au utilizat întreruptoare cu aer comprimat tip VVN — 220 de 2000 A, de cea mai recentă construcție, executate în U.R.S.S., separatoare cu două coloane de izolatoare în majoritate de fabricație Siemens, transformatoare de măsură inductive, de tensiune și curent, fabricate în R.D.G., descărcătoare catodice cu suflaj magnetic fabricate de AEG și BBC, dispozitive de telecomandă centralizată pe celulă cu blocaje electropneumatice fabricate în R. F. a Germaniei. În stația de 110 kV, dimensionată pentru o putere de rupere în 6000 MVA, s-au utilizat de asemenea întreruptoare cu aer comprimat tip VVN-110 de 2000 A, de construcție modernă, executate în U.R.S.S., restul echipamentului electric fiind în majoritate fabricat în ţară. În staţia de 20 kV dimensionată pentru o putere de rupere de 250 MVA s-a prevăzut utilizarea noii serii de echipamente actualmente în construcţie în ţară la uzinele „Electroputere"-Craiova, respectiv întreruptoare cu ulei puţin tip IO–20, transformatoare de măsură, de curent şi de tensiune cu izolaţie în răşini etc.

Unităţile de transformare prevăzute a se utiliza constituie de asemenea construcţii moderne şi cu parametri ridicaţi. Astfel este cazul autotransformatoarelor 200 MVA 220/110/10 kV cu reglaj larg al tensiunii sub sarcină ($\pm 12 \times 1{,}25\%$), cu pierderi în funcţionare reduse, cu membrană de cauciuc pentru protecţia împotriva oxidării uleiului, cu imagine termică pentru buna folosire a capacităţii reale de încărcare în exploatare etc.

În partea de circuite secundare trebuie de asemenea evidenţiată utilizarea unor aparate de format redus pentru măsurare şi chei de comandă importate din R.S.C. şi R.D.G., a unor sisteme de protecţie şi automatizare realizate cu relee de construcţia cea mai modernă obţinute din R.F. a Germaniei şi R.D.G. etc.

În afara echipamentelor moderne menţionate, în construcţia staţiei Argeş s-au mai utilizat şi o serie de alte măsuri importante, dintre care unele au condus la asigurarea unor apreciabile avantaje tehnice şi economice, măsuri dintre care vom menţiona în cele ce urmează pe cele mai remarcabile.

Punîndu-se la punct o tehnologie de proiectare bazată pe o largă documentare şi pe studii detaliate, în cadrul proiectului staţiei Argeş, s-a dimensionat mai raţional o nouă serie de elemente de beton armat centrifugat, cadre, stîlpi, rigle şi suporturi pentru echipamentele electrice. Pe baza studiilor efectuate pentru care s-a folosit pentru prima oară la calculul cadrelor staţiilor de conexiuni rezolvarea unor probleme matematice cu ajutorul maşinilor de calcul, a alegerii unor premise raţionale de calcul (echilibrarea cadrelor intermediare, în staţii, care a condus însă la succesiuni obligate la montare), a acceptării ancorării unui număr minim de stîlpi şi numai la marginea staţiilor, a creării unor rigle „fus" (cu secţiune variabilă), s-a fundamentat prima serie de elemente de beton armat centrifugat necesare la construcţia staţiilor exterioare, care ulterior, cu mici modificări, au şi fost tipizate pentru staţiile de 220/110 kV.

În scopul unei încadrări cît mai bune în amplasament şi al economisirii la maximum a terenului, s-a acceptat ca în viitor numai legăturile pe 220 kV la autotransformatoarele de 400/220 kV să fie executate în cabluri subterane. În rest, toate celelalte racorduri ale unităţilor de transformare de 220/110 kV şi 110/20 kV sînt prevăzute a se executa aerian. Din aceleaşi motive, de evitare a încrucişărilor de linii în apropierea staţiei — concepţie foarte răspîndită în străinătate şi recent adoptată şi în cadrul directivelor de proiectare a instalaţiilor electrice la noi în ţară —, s-a prevăzut ca toate ieşirile din staţia de 20 kV, situată între staţiile de 220 kV şi 110 kV, să se execute numai în cabluri pînă la primul stîlp de linie.

Pentru a micşora de asemenea la maximum suprafaţa de teren ocupată de staţie, racordul în 220 kV al unuia dintre autotransformatoarele de 200 MVA s-a rezolvat într-o dispoziţie particulară, fiind realizat în fîşia de teren rezervată barelor de transfer de 220 kV, şi anume în capătul lor. Economia de teren obţinută astfel a fost de aproximativ 0,5 ha.

O altă soluţie care a condus la o economie de investiţie de aproape 0,5 mil. lei a fost obţinută prin dispoziţia favorabilă în celule a transformatoarelor de intensitate în staţia de 220 kV înainte de derivaţia la barele de transfer. Acest sistem de montare utilizat şi în alte staţii, dar numai în celulele de racord ale unităţilor de transformare, a fost generalizat pentru toate celulele în cazul staţiei de 220 kV Argeş. Sistemul permite ca, şi în cazul folosirii barelor de transfer, protecţiile proprii ale celulei montate pe transformatoarele de curent situate înainte de derivaţia spre barele de transfer să fie păstrate, impulsul de declanşare fiind condus printr-o serie de circuite secundare la acţionarea întreruptorului cuplei de transfer. Realizarea circuitelor de comandă necesare între oricare celulă din staţia de 220 kV şi întreruptorul cuplei de transfer a fost concepută să se execute automat, simultan cu conectările separatoarelor respective. Soluţia utilizată a permis eliminarea a trei transformatoare de intensitate de pe cupla de transfer şi cu aceasta a întregului aparataj de măsură, control, supraveghere, protecţie şi automatizare, necesitînd în schimb utilizarea unor fire pentru legături suplimentare în cablurile de circuite secundare. Această soluţie îşi aşteaptă confirmarea din partea exploatării şi, pe baza experienţei favorabile obţinute, să se treacă la utilizarea ei şi la alte staţii.

O altă soluţie, în particular, avantajoasă pentru cazul staţiei Argeş, în zona căreia se află în prezent o serie de LEA de 15 kV, care însă în viitor se prevăd a trece treptat la tensiunea de 20 kV, o constituie alimentarea simultană a reţelelor de 20 şi 15 kV. Soluţia clasică, utilizată la multe alte staţii, constă în folosirea, în afară de transformatoarele definitive de 110/20 kV, şi a unor autotransformatoare de 20/15 kV. Această nouă treaptă de tensiune necesită însă procurarea a două autotransformatoare de cîte 10 MVA fiecare, ceea ce ar fi condus la un cost suplimentar de cel puţin 0,5 mil. lei. Cunoscînd însă că în satul Căpăţîneni a fost construită pentru alimentarea şantierului CHE „Gh. Gheorghiu-Dej'' o staţie provizorie de 110/15 kV, echipată cu două transformatoare de 10 MVA, cu cîte trei înfăşurări de 110/38,5/15,75 kV cu conexiuni stea-stea-triunghi (singurul tip de transformatoare coborîtoare de această putere executate în anul 1962 în ţară), s-a prevăzut ca, eşalonat, să li se schimbe conexiunea înfăşurării de 38,5 kV, trecînd-o în triunghi, cu care ocazie tensiunea respectivă se micşorează cu $\sqrt{3}$, obţinîndu-se tocmai valoarea dorită, de 22 kV.

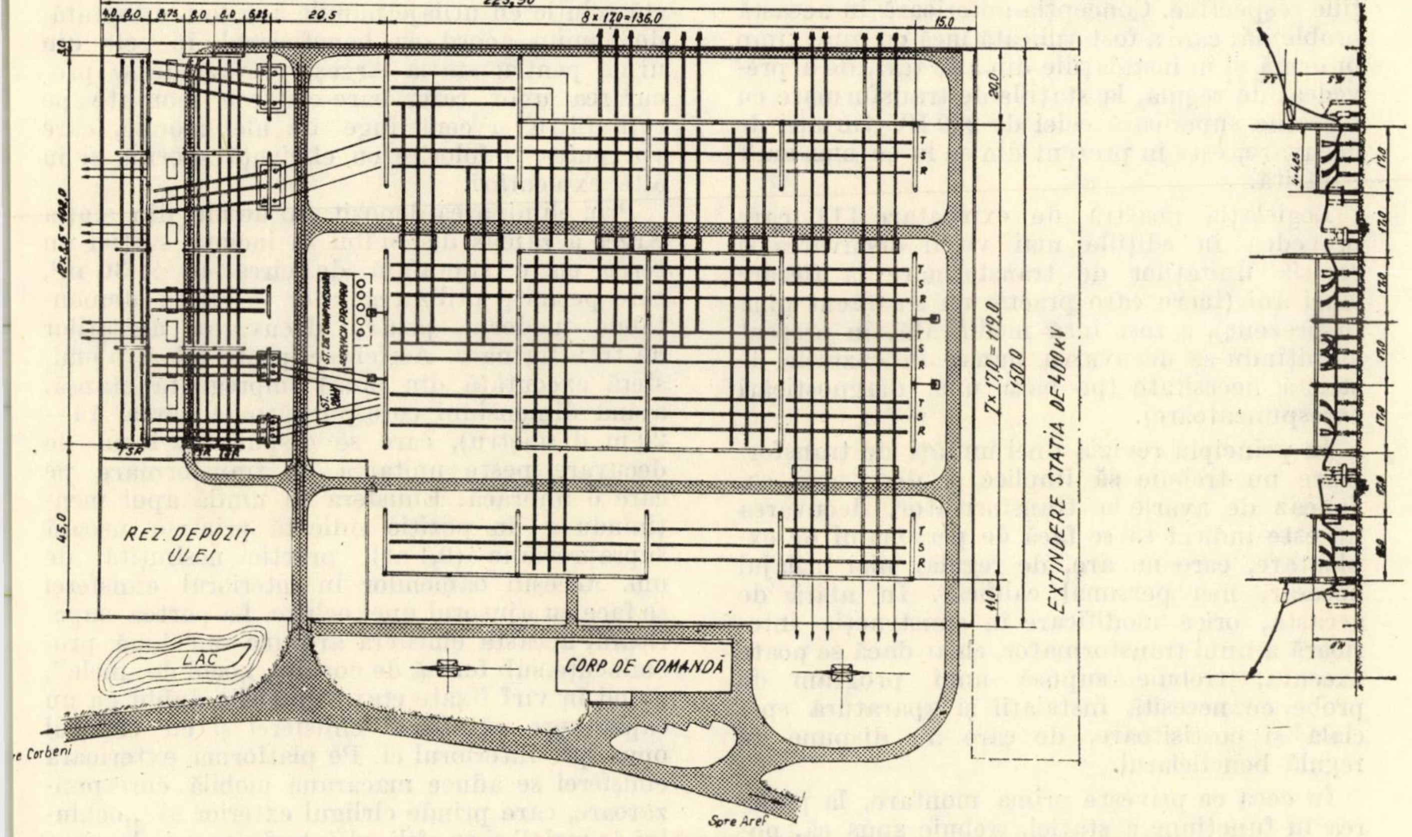


Fig. 2. Dispoziţia generală a staţiei de transformare Argeş şi secţiune prin staţia de 220 kV.

Staţia de 220 kV

Succesiunea celulelor de la dreapta la stînga în fig. 2

4 At -autotr. 200 MVA	3 At-autotr. 200 MVA	2 DM măs. desc.	6 L. – linie	5. L. – linie	1 C. cupla tr.	4 L. – linie	2 L. – linie
16	14	12	10	8	6	4	2
14	13	11	9	7	5	3	1
8 L. linie	7 L. linie	2 C.-cupla tf	2At.- autotr. 400 MVA	1At. autotr. 400 MVA	1MD. măs. desc.	3 L.- linie	1 L. linie

Staţia de 110 kV

Succesiunea celulelor de jos în sus în fig. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 T-tr. 10 MVA	1 Ctf-C transf.	2 T-tr. 10 MVA	1 L-linie	2 Ctr.-C transf.	2 L.- linie	3 L.–linie	3 At -autotr. 200 MVA	4 L-linie	2L- linie	1–2 MD măs. desc.	4 At. -autotr. 200 MVA

Această soluţie, pentru a cărei realizare se va folosi de beneficiar un transformator similar disponibil, pentru a garanta o dublă alimentare fără întrerupere a staţiei de 15 kV, va asigura, pe lîngă o reducere a investiţiilor, şi o elasticitate maximă la trecerea consumatorilor de la 15 la 20 kV, operaţie care, aşa cum se cunoaşte, este foarte dificil de executat, în special în reţelele de electrificare rurală.

În sfîrşit, o altă situaţie care a permis de asemenea o economie de investiţii şi de teren importantă, dar care a fost mult discutată, o constituie problema turnului de decuvare. Este cunoscut că organele de expioatare doresc să aibă, de regulă, instalaţii cît mai bogat dotate pentru a putea asigura la nevoie maximum de înlesniri. Din informaţiile pe care le deţinem însă pînă în prezent, la stațiile de transformare prevăzute cu turnuri de decuvare, a căror investiție se ridică la cîteva milioane lei, nu s-a desfășurat o activitate de reparații continuă, care să pună în valoare instalațiile și construcțiile respective. Concepția anterioară în această problemă, care a fost aplicată încă cu mult timp în urmă și în instalațiile din alte țări, de a prevedea, de regulă, la stațiile de transformare cu tensiune superioară celei de 220 kV turnuri de decuvare, este în prezent din ce în ce mai mult părăsită.

Legislația noastră de exploatare [1], care prevedea în edițiile mai vechi decuvarea și revizia unităților de transformare la fiecare cinci ani (lucru care practic nu s-a făcut pînă în prezent), a fost însă modificată, în prezent admițîndu-se decuvarea numai în cazurile de strictă necesitate (pe baza unei diagnosticări corespunzătoare).

În principiu revizia unei unități de transformare nu trebuie să implice și decuvarea sa. În caz de avarie la transformator, decuvarea nu este indicat să se facă de personalul de exploatare, care nu are, de regulă, nici utilajul necesar, nici personal calificat. În afară de aceasta, orice modificare în construcția interioară a unui transformator, chiar dacă se poate executa, trebuie supusă unui program de probe ce necesită instalații și aparatură specială și costisitoare, de care nu dispune de regulă beneficiarul.

În ceea ce privește prima montare, la punerea în funcțiune a stației, trebuie spus că, potrivit tehnicii moderne de realizare a unităților de transformare, acestea nu trebuie decuvate și uscate la sosirea din fabrică, întrucît condițiile de transport asigură în prezent o perfectă etanșeitate, iar montarea subansamblurilor (izolatoarele de trecere etc.) se poate face rapid și cu înfășurările înecate în ulei.

Trebuie menționată totuși, ca un caz extrem, indicat în literatura de specialitate sovietică, decuvarea și uscarea unui transformator de 242/121/10,5 kV, 240/120/120 MVA, în aer liber sub prelată [2].

În cazul particular al stației Argeș, construcția unui turn de decuvare a avut o soluționare mult mai evidentă, deoarece în apropiere, la CHE „Gh. Gheorghiu-Dej”, de care stația Argeș este legată printr-o șosea modernizată cu o lungime de circa 7 km, există un turn de decuvare. În acest sens s-au luat măsurile necesare pentru a se asigura la această centrală și decuvarea unităților de transformare din stația Argeș.

O situație asemănătoare turnului de decuvare la stația Argeș a avut-o și depozitul subteran de ulei de izolare. Din experiența de pînă acum s-a constatat că în cazul în care aceste rezervoare nu sînt folosite un timp, ajung să se murdărească și să conțină apă, ceea ce le face inutilizabile în momentul folosirii.

În literatura de specialitate se menționează că în același scop se pot folosi cu maximum de eficacitate rezervoare și utilaje mobile. Această soluție cu utilaje mobile a și fost adoptată, de comun acord cu beneficiarul, în cele din urmă pentru stația Argeș, prevăzîndu-se procurarea unor rezervoare-cisterne montate pe roți, filtru și centrifuge de ulei mobile, care vor putea fi folosite cu eficiență sporită și în alte exploatări.

Prin eliminarea depozitului de ulei din stația Argeș a rămas disponibil în incinta stației un teren cu o suprafață de circa 40 × 30 m^2, care permite utilizarea unor instalații demontabile moderne pentru decuvarea unităților de transformare. Astfel se poate folosi o emisferă executată din pînză impregnată etanșă, avînd dimensiuni corespunzătoare (circa 14 — 20 m diametru), care se dispune la locul de decuvare peste unitatea de transformare pe care o îmbracă. Emisfera se umflă apoi menținîndu-se în poziție ridicată printr-o ușoară suprapresiune (0,1 at), practic nesimțită de om. Accesul oamenilor în interiorul emisferei se face cu ajutorul unei ecluze. La partea superioară, această emisferă are una sau două proeminențe sub formă de cornițe, „ochi de melc”, avînd în vîrf fixate etanș un cîrlig dublu cu un capăt spre exteriorul emisferei și cu capătul opus spre interiorul ei. Pe platforma exterioară emisferei se aduce macaraua mobilă corespunzătoare, care prinde cîrligul exterior al „ochiului de melc” și cu cîrligul interior se prinde piesa de ridicat a transformatorului. Procedeul este des utilizat în S.U.A. și este introdus în prezent și în Europa [3].

Costul unei astfel de instalații demontabile este redus, în schimb eficiența ei poate fi foarte ridicată prin folosirea în stațiile din întreaga țară, ceea ce poate justifica chiar cumpărarea unei astfel de instalații din import, în cazul în care nu ar putea fi executată în țară cu mijloacele de care dispunem.

Pe lîngă indicarea soluțiilor interesante, adoptate pentru prima oară în țară în cadrul stației Argeș, trebuie subliniată grija deosebită avută în proiectare pentru satisfacerea în cît mai mare măsură a criteriului de estetică generală a instalațiilor, realizat simultan cu o serie de avantaje asigurate pentru personalul de exploatare.

Astfel, trebuie menționat că în stațiile exterioare s-a urmărit și s-a realizat păstrarea unui modul de 8,5 m pe două direcții rectangulare, ceea ce constituie un lucru remarcabil atît la trasarea stației la construcția ei, cît și în prezent în exploatarea ei.

Modulul de 8,5 m reprezintă pasul celulei de 110 kV, pasul celulei de 220 kV fiind de 2 × × 8,5 = 17 m, iar în viitor este posibil să se adopte un pas al celulei de 400 kV de 3 × 8,5 = = 25,5 m. Acelaşi modul (17 m) a fost realizat în staţia de 220 kV şi pe direcţie transversală.

La această realizare adăugăm că toate suporturile de beton armat centrifugat, utilizate la susţinerea echipamentului electric în staţiile exterioare, au fost aliniate la sol, admiţînd însă abateri ale conductoarelor electrice de la paralelismul cu axa celulei.

Această dispoziţie a permis ca, pentru personalul de exploatare, instalaţia să asigure o claritate remarcabilă faţă de acele staţii la care nu s-au admis abateri ale conductoarelor electrice de la paralelismul cu axa celulei, dar care în schimb au condus la proiecţia alăturată a suporturilor de beton, creînd un grad mărit de opacizare în staţie.

În faţa staţiei Argeş, care este situată chiar la şosea, s-au luat măsuri pentru amenajarea unei piaţete, a unui mic parking, trotuare pentru pietoni, iluminat de noapte, o zonă verde, pentru care s-a elaborat chiar un proiect cu arbori decorativi şi chiar crearea unei mici oglinzi de apă, prin curăţirea şi amenajarea unor eleştee cu izvoare permanente, care existau la marginea terenului staţiei, considerîndu-se prea favorabilă această ocazie pentru a nu fi folosită, cînd la alte construcţii se fac eforturi speciale pentru crearea unor oglinzi de apă artificiale.

Trebuie menţionate şi cîteva consideraţii asupra activităţii executanţilor de construcţii instalaţii şi montaj electric, întrucît orice întîrziere sau greutăţi create executanţilor ar fi dus la întîrzierea punerii în funcţiune a CHE „Gh. Gheorghiu-Dej”. Şi aici trebuie apreciată ca o activitate excepţională atît a constructorului — ICH Bucureşti — cît şi a montajului — Intr. Electromontaj Sibiu —, care au reuşit printr-un ritm de lucru susţinut şi organizare raţională să asigure termenele necesare cu un minim de cheltuieli suplimentare.

Această desfăşurare a lucrărilor a presupus îndeplinite exemplar o serie de funcţiuni, şi anume :

— pregătirea lucrărilor din timp şi asigurarea ritmică cu materiale ;

— folosirea tehnicienilor cu înaltă calificare şi asigurarea forţelor de muncă în proporţie optimă ;

— dotarea cu utilaj corespunzător a şantierelor de lucru ;

— coordonarea reuşită şi o elasticitate mare din partea beneficiarului acordată şantierului ;

— colaborarea rodnică în cadrul lucrării dintre beneficiar şi forurile tutelare din M.E.E, B.I. şi organele administrative locale ;

— asigurarea cu proiecte a şantierului şi acordarea unei asistenţe tehnice neprecupeţite din partea proiectantului.

Toate acestea au permis ca punerea în funcţiune a primei etape a lucrărilor staţiei Argeş să poată fi făcută în numai 6 luni de zile de la deschiderea şantierului, ceea ce indică încă o dată posibilităţile reale ale executanţilor şi beneficiarilor cînd o lucrare este privită cu multă grijă.

Execuţia staţiei de transformare Argeş vine să mărească cu încă o lucrare importantă realizările proiectantului, executantului şi beneficiarului. Ea a constituit o ocazie de a promova o serie de soluţii tehnice avansate care aşteaptă o confirmare a practicii de exploatare şi în acelaşi timp a constituit un exemplu de colaborare rodnică între factorii ce concurau în realizarea ei.

Bibliografie

[1] * * * M.E.E. *Regulament de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice.* ODPT, 1967, cap. 29, p. 203.

[2] Ievlev, V. şi Kariaghin, A. *Montaj gheneratorov i transformatorov na elektriceskih stanţih i podstanţih.*

[3] * * * Inf. Undercover work. Electronics Power, mai 1965.

(Articol intrat în redacţie la 5 decembrie 1967)

ENERGETICA peste hotare

Centrala hidroelectrică Seitevare, din Suedia[*]

Ing. Vlad Focşa[**]

Suedia dispune de un potenţial hidroenergetic foarte important, unul dintre cele mai mari din Europa. Avînd bogate zăcăminte de minereuri de fier de excepţională calitate (cu conţinut de Fe care cîteodată depăşeşte 80 % şi condiţii optime de exploatare, adesea la zi), Suedia şi-a dezvoltat de multă vreme industria metalurgică, în special cea de oţeluri speciale şi industria de maşini. De aceea Suedia a fost una dintre primele ţări din lume care a început să utilizeze resursele hidroenergetice[***]. Pînă în momentul de faţă, ea şi-a bazat producţia de energie electrică aproape exclusiv pe utilizarea potenţialului hidroenergetic. În tabela 1 se prezintă comparativ, pentru Suedia şi alte cîteva ţări din Europa, potenţialul hidroenergetic tehnic amenajabil, producţia centralelor hidroelectrice, cota-parte din potenţialul hidroenergetic amenajat şi ponderea producţiei de energie de la centrale hidroelectrice în producţia generală de energie (în 1965).

Acest tabel arată că în Suedia, Norvegia şi Elveţia producţia de energie a centralelor hidroelectrice reprezintă peste 95 % din total. Suedia utilizează în momentul de faţă jumătate din potenţialul său hidroenergetic economic amenajabil.

Dezvoltarea amplă a economiei în paralel cu electrificarea ţării a dus curînd, după cum reiese din tabela 1, la amenajarea unei cote importante a potenţialului rîurilor sale, în special a celor mai apropiate de regiunile populate din sud-vest şi apoi din partea mijlocie a ţării. Au rămas ca rîuri mai importante neamenajate încă, sau utilizate numai parţial, cele din nordul ţării — pe de o parte, din cauza distanţei mari pînă la centrele de consum din sud şi, pe de altă parte, datorită condiţiilor grele de climă, care îngreuiază lucrările de construcţie. Dintre acestea, unul dintre cele mai interesante rîuri din punctul de vedere al potenţialului hidroenergetic este rîul Lule, din nordul Suediei, care curge de la NV spre SE şi se varsă în Marea Baltică, în golful Botnic.

Tabela 1

Potenţialul hidroenergetic economic amenajabil şi gradul său de utilizare

Tara	Potenţial hidroenergetic economic amenajabil, TWh/an	Producţia totală de energie electrică în 1965, TWh/an	Producţia CHE în 1965, TWh/an	Cota-parte din potenţialul economic disponibil care este amenajat, %	Ponderea CHE în producţia de energie electrică, %	Consum specific pe cap de locuitor, kWh/loc
Suedia	85,0	49,10	46,4	54,5	96,0	6 250
Norvegia	104,5	48,85	48,8	46,8	99,9	12 500
Franţa	68,0	101,34	46,4	68,3	46,0	2 100
Italia	63,0	80,28	42,8	68,0	53,0	1 560
Austria	27,0	22,40	16,1	59,6	72,0	2 530
Elveţia	33,0	24,46	24,0	73,0	98,0	3 830
R.S.România (1969)	24,0	17,21	1,0	4,2	6,0	887

Schema de amenajare

Rîul Lule are un bazin de alimentare de 24 700 km², situat mai mult de 3/4 la nord de Cercul Polar. Bazinul este aproape în întregime pe teritoriul Suediei (numai circa 650km² pe teritoriul Norvegiei).

Terenul în bazinul rîului Lule coboară continuu de la frontiera cu Norvegia într-o pantă de 1—2 ‰, cîteodată cu mici trepte.

Rîul curge pe această platformă înclinată, constituită din gneise, granite, amfibolite, de tării diferite, care au condiţionat o eroziune selectivă cu zone pe care apele în parte au putut să le sape şi să-şi fixeze o albie stabilă, dar cu o succesiune frecventă de bariere din roci tari, pe care nu au fost în stare să le înlăture şi în spatele cărora s-au format o serie de lacuri naturale, dintre care unele foarte întinse din cauza pantei reduse. În aval de aceste bariere apar rapiduri sau chiar cascade care pot atinge înălţimi de 20...40 m şi cîteodată mai mult. Vegetaţia este reprezentată de o pădure continuă de conifere şi mesteacăn.

În aceste condiţii naturale, amenajarea bazinului a fost judicios gîndită ca să fie realizată printr-o serie de lacuri regularizatoare de mare capacitate în partea superioară a bazinului şi amenajări pe firul apei, fără acumulări importante, cu scurte derivaţii, pe cursul mijlociu ; pe cursul inferior, panta mică face neeconomice amenajările hidroelectrice.

Rîul Lule este format din două ramuri principale : Stora Lule (Lule Mare), care drenează toată partea de nord a bazinului cu înălţimi depăşind 2000 m, avînd apoi în aval un bazin mai puţin dezvoltat, şi Lilla Lule (Lule Mic), colectînd apele din cea mai mare parte a bazinului mijlociu, cu înălţimi pînă la 1700 m.

Datorită regimului de precipitaţie[*], dar în special îngheţului prelungit (temperatura medie anuală este în jurul a —1°C), variaţiile de debit sînt foarte însemnate, spre sfîrşitul iernii debitele scăzînd pe ambele rîuri Lule la confluenţa lor sub 10 m³/s, în timp ce la ape mari, în iunie, la topirea zăpezilor, în mod normal debitul depăşeşte mult 500 m³/s, în acelaşi punct pe fiecare dintre cele două rîuri.

Pentru regularizarea rîului Stora Lule servesc patru mari lacuri în bazinul superior : Virijaure, Vastenjaure, Suorvajaure şi Sitasjaure şi unul în bazinul mijlociu : Lulejaure. Schema de amenajare prevede o serie de centrale hidroelectrice lîngă baraje : Suorva, Victas şi Porjus, urmate de centrale hidroelectrice pe firul apei : Harspränget, Ligga şi Messaure

Regularizarea debitelor rîurilor Lilla Lule se realizează printr-o serie, cîteodată continuă, de lacuri naturale şi de marele lac al centralei hidroelectrice Seitevare.

Schema prevede în aval pe rîul Lilla Lule CHE Letsi, iar după confluenţa celor două Lule CHE Porsi şi CHE Laxede.

Dintre centralele hidroelectrice proiectate în schema de amenajare, cinci au fost realizate pînă în prezent, trei sînt în construcţie (dintre care CHE Seitevare a intrat în funcţiune în octombrie 1967) şi două vor fi construite ulterior.

Descrierea uzinei Seitevare

La Seitevare, bazinul de alimentare al rîului Blackälven, ramură principală a rîului Lilla Lule, este de 2270 km².

Debitul mediu al rîului este de 58 m³/s, viiturile medii ating

---

[*] Autorul mulţumeşte şi pe această cale d-lor ingineri Lundguist şi Fastern, din conducerea şantierului centralei hidroelectrice Seitevare, pentru explicaţiile date asupra proiectului şi execuţiei acestei lucrări.

[**] Ing. Vl. Focşa este şeful proiectului complex pentru sistemul Porţile de Fier, din Institutul de studii şi proiectări hidroenergetice (ISPH).

[***] Adolf Ludin, în lucrarea Die nordischen Wasserkräfte (1930), prezintă centralele hidroelectrice suedeze ca exemplu de realizări deosebit de judicioase şi reuşite.

[*] Precipitaţiile ce cad în partea de est a bazinului sînt concentrate în lunile iulie şi august, pînă la 45 % din volumul total al precipitaţiilor anuale.

468 m^3/s, iar viitura maximă observată a fost de 727 m^3/s, debitele minime medii de 5,3 m^3/s, iar cel mai mic debit observat a scăzut la 2,0 m^3/s*).

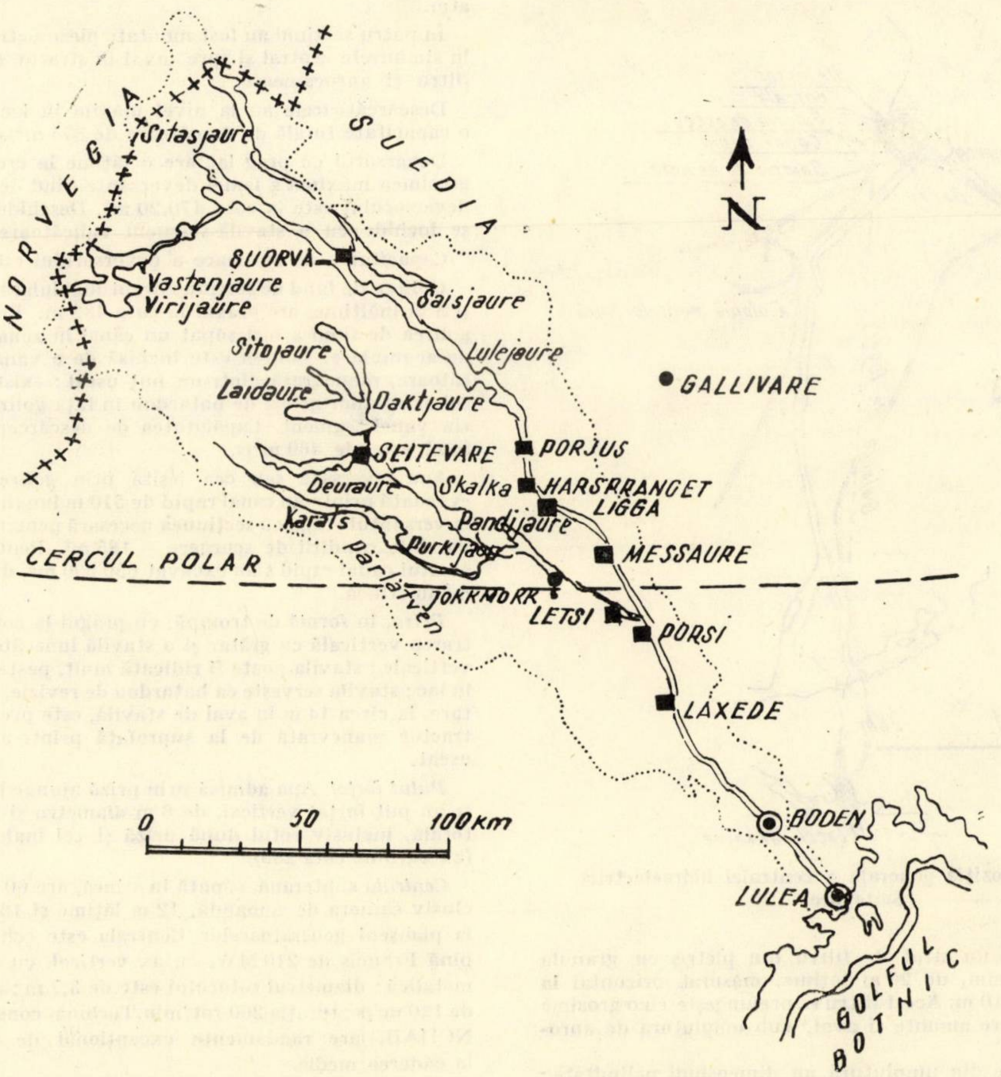


Fig. 1 Bazinul de alimentare şi schema de amenajare a rîului Lule

Dispoziţia generală a centralei hidroelectrice prevede construirea unui baraj din anrocamente de 106 m, înălţime peste stînca de fundaţie, care ridică nivelul rîului de la cota medie actuală (circa 394 m) la cota 477 m. Se creează un lac — lacul Tjactjajaure, cu un volum de 1650 milioane m^3**). Suprafaţa lacului la nivel maxim este de 80 km^2, iar lungimea de 36 km, extinzîndu-se pînă la parcul naţional Sonek.

În timpul anului, pentru exploatarea energetică, nivelul în lac poate varia pînă la 35 m, între 477 m (nivel maxim) şi 442,5 m (nivel minim).

După realizarea lacului, debitul viiturii medii va fi redus de la 488 la 45 m^3/s, iar al viiturilor excepţionale de la 727 la 234 m^3/s; debitele mici vor putea fi reduse chiar pînă la zero, atunci cînd interesele energetice o cer.

În apropierea barajului, pe partea dreaptă este prevăzut un dig de circa 650 m lungime, de înălţime redusă, care la nivele ridicate în lac limitează suprafaţa inundată şi împiedică deversarea în bazinul afluentului alăturat.

De la priza situată în corpul barajului, lîngă malul stîng, apa cade într-un puţ forţat vertical, de 135 m, la centrala electrică subterană echipată cu un singur agregat turbină-generator de 210 MW. Apa turbinată este evacuată printr-o galerie de fugă cu liberă scurgere de 5300 m lungime, continuată cu un canal de fugă de 800 m lungime, situat în parte în zona de variaţie a nivelului lacului natural din aval, Jakkaure, în care debuşează.

Producţia de energie electrică în anul hidrologic mediu este de 775 GWh.

Barajul, din anrocamente, are coronamentul la cota 482 m; este aşezat pe teren natural după curăţirea unui strat de circa 3 m, în afară de sîmbure central, care coboară pînă la roca de bază (gneis) la cota 376 m.

Lungimea de coronament este de 1450 m, iar lăţimea la creastă de 6 m. Paramentul amonte înclină 1/1,75, iar cel aval 1/1,65. Batardoul din anrocamente în amonte de circa 21 m înălţime, realizat pentru devierea printr-o galerie a apelor în timpul construcţiei barajului, este impermeabilizat spre apă printr-un strat de morenă; a fost înglobat ca o platformă de 40 m la cota 409, la piciorul barajului.

Sîmburele central este din material de morenă impermeabil, începe cu 2 m sub coronament, cu o lăţime de 4 m, şi se lărgeşte jos în ambele părţi, sub o înclinare de 6/1; materialul de morenă a fost sortat astfel ca dimensiunea maximă să nu depăşească 10 mm.

---

*) Cu un debit mediu egal, rîul Bistriţa la Bicaz are viituri mai violente (Q_{max} observat = 1080 m^3/s şi Q_{max} 1$^0/_{00}$ = 3080 m^3/s, iar debitele minime sînt mai ridicate, Q_{min} observat = 3 m^2/s şi Q_{min} 1$^0/_{00}$ = 2,2 m^3/s.

**) de capacitate similară cu cel al CHE „V. I. Lenin” — Bicaz, care este de 1625 milioane m^3.

Sîmburele central este protejat în ambele părţi de un strat de tranziţie din pietriş mărunt, cu granula maximă de 10 mm, dus pînă la stîncă ; la cota 410 m, aceste straturi de tranziţie, măsurate pe orizontală, au o lăţime de 10 m.

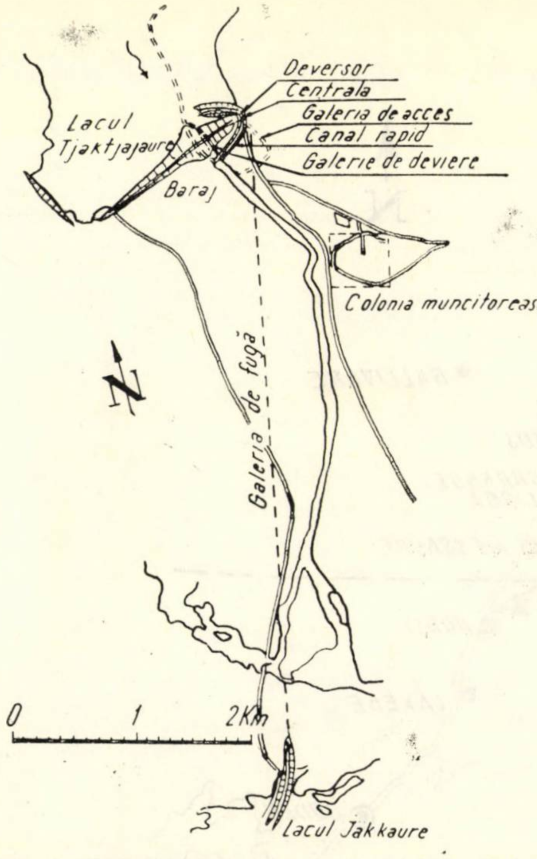


Fig. 2. Dispoziţia generală a centralei hidroelectrice Seitevare

Urmează cîte un strat de filtru din pietriş cu granula maximă de 50 mm, de 20 m lăţime, măsurat orizontal la aceeaşi cotă de 410 m. Acest filtru se prelungeşte cu o grosime de circa 2 m, spre amonte şi aval, sub umplutura de anrocamente.

Anrocamentele din umplutură au dimensiuni nelimitate ; totuşi în vecinătatea filtrului s-au aşezat anrocamente ceva mai mici (provenite din excavaţia tunelului de fugă).

La paramente, în aval şi amonte, spre zonele inferioare s-au prevăzut anrocamente din cele mai mari.

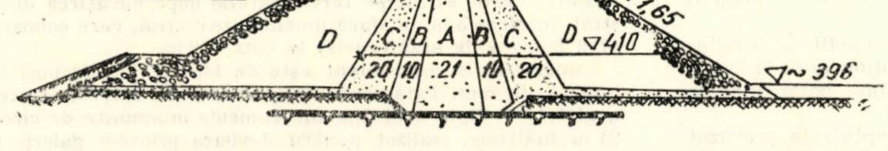


Fig. 3. Secţiune prin baraj : *A* – material de morenă; *B* – strat de tranziţie; *C* – filtru; *D* – anrocamente.

Volumul total al barajului este de 4,9 milioane m^3*).

Impermeabilizarea realizată prin sîmburele central a fost continuată în stîncă printr-un voal triplu de injecţii cu rîndurile la 2 m distanţă ; primele două rînduri aveau forajele de circa 10 m adîncime lîngă maluri şi de circa 15 m adîncime la mijlocul barajului ; al treilea rînd avea forajele mai scurte (circa 6 m) ; pe rînduri, forajele au fost distanţate la 3 m ; presiunea de injecţie a laptelui de ciment era de 8–10 atm.

În patru secţiuni au fost montate piezometre de observaţie în sîmburele central şi spre aval în stratul de tranziţie, în filtru şi anrocamente.

Descărcătoarele au la nivel maxim în lac (cota 477 m) o capacitate totală de descărcare de 875 m^3/s.

Deversorul cu prag lat are o lăţime la creastă de 12 m, grosimea maximă a lamei deversante fiind de 6,8 m (creasta deversorului este la cota 470,20 m). Deschiderea deversantă se închide cu o stavilă-segment ridicătoare (12 × 6,8 m). Capacitatea de evacuare a deversorului este de 415 m^3/s.

Golirea de fund de secţiune dreptunghiulară, cu 4 m lăţime şi 5 m înălţime, are pragul la cota 432 m. Pentru accesul la golirea de fund a fost săpat un canal în zona viitorului lac de acumulare. Golirea este închisă de o vană-segment ridicătoare, manevrată dintr-un puţ uscat ; există posibilitatea coborîrii unor grinzi de batardou în faţa golirii, pentru revizia vanei-segment. Capacitatea de descărcare a golirii de fund este de 460 m^3/s.

Apa deversată sau cea ieşită prin golirea de fund este evacuată printr-un canal rapid de 510 m lungime, săpat adînc în versantul stîng, cu secţiunea necesară pentru cele mai defavorabile condiţii de scurgere – 185 m^2. Pentru amenajarea acestui canal rapid s-au excavat 650 000 m^3, din care 360 000 m^3 în stîncă.

Priza, în formă de trompă, cu pragul la cota 432, are intrarea verticală cu grătar şi o stavilă lunecătoare pe glisiere verticale ; stavila poate fi ridicată mult, peste nivelul minim în lac ; stavila serveşte ca batardou de revizie. Pentru exploatare, la circa 14 m în aval de stavilă, este prevăzută o vană-tractor manevrată de la suprafaţă printr-un puţ vertical uscat.

Puţul forţat. Apa admisă prin priză ajunge la turbine printr-un puţ forţat vertical, de 6 m diametru şi 170 m lungime totală, inclusiv cotul după priză şi cel înainte de turbine (ax turbine cota 289).

Centrala subterană, săpată în stîncă, are 60 m lungime, inclusiv camera de comandă, 12 m lăţime şi 16 m înălţime de la planşeul generatoarelor. Centrala este echipată cu o turbină Francis de 210 MW, cu ax vertical, cu carcasă spirală metalică ; diametrul rotorului este de 3,7 m ; debitul instalat de 120 m^3/s ; turaţia 200 rot/min. Turbina, construită de firma NOHAB, are randamente excepţional de ridicate, 96 %, la căderea medie.

Generatorul trifazic, de 225 MVA, este cuplat cu turbina pe ax comun ; emite la tensiunea de 19 kV în frecvenţa de 50Hz. Este prevăzut un singur transformator, de 19/400 kV, 225 kVA, instalat la suprafaţă.

Energia electrică este distribuită şi în tensiunea de emitere printr-o reţea locală de 20 kV. Un transformator de interes local cu trei înfăşurări, de 0,4/20/40 kV, alimentează o linie regională de 40 kV şi serviciile interne ale centralei în 0,4 kV. Serviciile interne sînt alimentate şi printr-un al doilea transformator, de 20/0,4, direct de la bornele generatorului.

---

*) Similar cu al barajului din anrocamente în construcţie la Lotru.

Centrala are un pod rulant principal, de 53 tone, şi unul secundar, de 10 tone, ambele cu deschidere de 12 m.

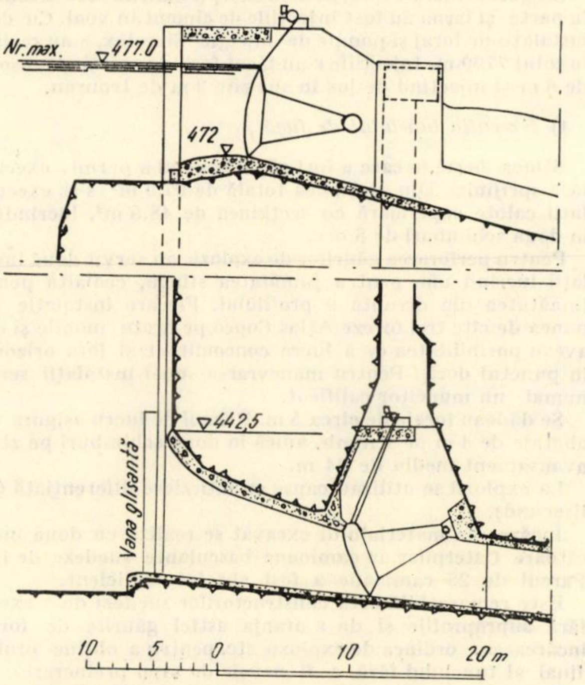


Fig. 4. Secţiune verticală prin descărcătoare

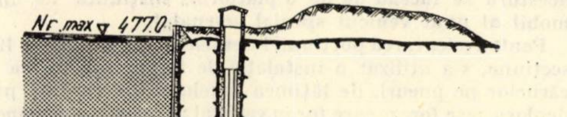


Fig. 5. Secţiune prin priză, puţ forţat şi centrala electrică

Accesul din exterior la sala maşinilor se face printr-o galerie de 400 m lungime, cu un traseu pornind de lîngă rîu (cota aproximativ 400 m), paralel cu axul barajului pe circa 200 m, apoi perpendicular pe baraj, pînă la centrală (la cota de aproximativ 300 m). Finisajul în centrală este extrem de simplu ; stîlpii de beton care susţin grinda podului rulant încadrează panouri cu stînca neacoperită, aşa cum a rămas de la excavare. Tavanul este nebetonat, dar mascat prin plăci decorative albe din material plastic, suspendate. Pardoseala este din mozaic şi plăci de mozaic. Soclul în sala maşinilor, pînă la circa 2 m, este din tencuială cu vopsea de ulei.

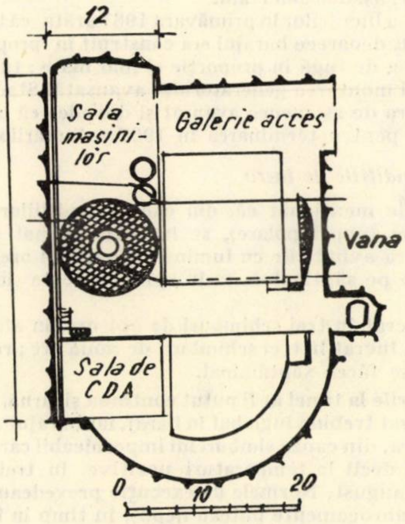


Fig. 6. Planul centralei electrice

La ieşirea din aspirator este prevăzută o vană plană, manevrată dintr-o galerie a centralei printr-un puţ umed.

Galeria de fugă, cu liberă scurgere, este prin dimensiunile sale una dintre importantele galerii hidrotehnice realizate pînă în prezent. Secţiunea galeriei este de 98 m^2 (8 m lăţime, 12 m înălţime, dreptunghiulară, cu boltă la partea superioară).

Galeria a fost săpată în rocă ; bolta a fost consolidată prin ancore şi nu se va betona decît pe foarte mici porţiuni, care sînt mai slabe. Pe porţiunea udată se prevede o cămăşuială subţire din beton simplu, în vederea reducerii rugozităţii pentru scurgere. Lungimea galeriei este de 5300 m. Au fost excavaţi 516 000 m^3 stîncă.

Canalul de fugă prelungeşte cu 800 m galeria de fugă : circa 300 m de la ieşirea din galerie pînă la limita lacului Jakkaure la nivel maxim şi 500 m în zona de variaţie a nivelului lacului. În zona lacului, canalul a fost amenajat pentru a asigura la orice nivel o albie regularizată şi pentru cîştig maxim de energie la toate nivelele în lacul Jakkaure. Canalul de fugă asigură o secţiune de scurgere de 100 m^2 prin excavarea a 865 000 m^3, din care 675 000 în stîncă.

Execuţia lucrărilor

a) *Devierea apelor în timpul execuţiei*

Pentru a permite construcţia barajului, apele rîului au fost deviate pe stînga albiei majore printr-un tunel necăptuşit cu beton, lung de 447 m, cu o secţiune de 110 m^2, capabil să evacueze un debit de 800 m^3/s, mai mare decît cea mai mare viitură trecută în perioada de observaţii hidrologice de care s-a dispus. Batardoul din anrocamente, cu masă frontală din material de morenă, a permis ridicarea nivelului rîului şi accesul apelor în tunel.

Dimensionarea bogată a tunelului de deviere (la un debit cu frecvenţa aşa de redusă) se explică prin aceea că execuţia durează cinci ani şi s-a considerat că barajul din anrocamente nu trebuie în nici un caz pus sub sarcina unei viituri înainte de terminarea sa completă*).

---

*) După concepţiile ce se au în vedere în ţara noastră, asigurarea luată apare ca ridicată.

b) *Principalele volume de lucrări* cuprindeau :

- betoane 17 000 m³ (necesitînd 5000 tone ciment şi 16 000 m² suprafaţă de cofrat)
- fier beton 400 t
- excavaţii în pămînt 1 milion m³
- excavaţii în stîncă 1,14 milioane m³
- umpluturi 5 milioane m³ în baraj (majoritatea anrocamente)

c) *Termenul prevăzut în planul de execuţie* a fost : începerea lucrărilor — vara 1962, darea în exploatare — octombrie 1967, aşadar cinci ani.

Situaţia lucrărilor în primăvara 1967 arăta că termenul va fi respectat, deoarece barajul era construit în proporţie de 4/5, iar galeria de fugă în proporţie şi mai mare ; turbina era instalată şi montarea generatorului avansată. Stadiul celorlalte lucrări era de asemenea avansat şi dovedea că nu sînt impedimente pentru terminarea în 1967 a lucrărilor.

d) *Condiţiile de lucru*

Este de menţionat că, din cauza condiţiilor de climă şi latitudine (nopţi polare), se lucrează numai şase luni pe an — vara avînd zile cu lumină aproape 24 ore ; se lucrează cinci zile pe săptămînă, ca în aproape toate întreprinderile suedeze.

S-a lucrat în trei schimburi de opt ore, în afară de baraj, unde s-a lucrat în trei schimburi de nouă ore ; rotaţia schimburilor se făcea săptămînal.

Lucrările la tunel ar fi putut continua şi iarna, dar materialul excavat trebuia înglobat în baraj, iar barajul nu se executa decît vara, din cauza sîmburelui impermeabil care nu se punea în operă decît la temperaturi pozitive, în trei luni pe an : iunie — august. Normele de execuţie prevedeau că umpluturile din anrocamente puteau depăşi în timp în înălţime sîmburele central la început cu 2 m, dar pe parcurs ritmul de execuţie a impus ca acest decalaj să poată creşte la 10 m.

e) *Execuţia barajului*

Programul prevedea cinci sezoane anuale de lucru, în fiecare executîndu-se o umplutură de circa 1 milion m³. Pentru aceasta se dispunea la început de dumpere „Iternational" — 17 buc. de 25 t şi 5 buc. de 27 t. Cu aceste utilaje nu a putut fi obţinut ritmul de lucru cerut de program. S-au procurat suplimentar nouă dumpere P.U. de 40 t. Aceste dumpere de mare capacitate au permis să se realizeze pînă la 1,4 milioane m³ umplutură într-o campanie anuală şi să se elibereze o parte din dumperele de 25 . . . 27 t pentru alte lucrări.

Materialul rezultat din excavaţiile utile în stîncă (la galeria de deviere, la cea de fugă, la canalul de fugă şi canalul rapid a fost înglobat aproape în întregime în baraj) ; pentru restul de anrocamente s-a deschis o carieră de gneise cu descopertă redusă. Abatajele erau de circa 12 m. Se executau foraje verticale de 15 m cu foreze Atlas Copco, cu diametrul de 2 1/2", cu o productivitate de circa 175 m³ stîncă explodată pe maşină-schimb. Se exploda în furnale masive, cu un consum mediu de 0,5 kg dinamită pe m³. Tot materialul rezultat se încărca în dumpere cu trei excavatoare Marion — 101 cu cupa de 3 m³ şi un excavator Marion — 151 cu cupa de 5 m³.

Punerea în operă a anrocamentelor s-a făcut în strate începînd cu 50 cm grosime, care au fost apoi mărite la 70 cm şi pînă la un metru. Materialul basculat din dumpere era împrăştiat cu buldozerele şi compactat întîi cu jet de apă, apoi cu compresoare vibratoare lise : s-a dispus de patru compresoare vibratoare — două suedeze de 5 tone şi două germane de 10 tone. S-a ajuns la vîrfuri de productivitate pînă la 1000 m³ anrocamente puse în operă pe oră.

Miezul de argilă era aşezat în strate de 30 pînă la maximum 50 cm grosime. Grijă mare s-a acordat umidităţii, care nu trebuia să depăşească la punerea în operă 8 %. Temperatura aerului în timpul execuţiei sîmburelui trebuia să fie pozitivă, iar apa din materialul de morenă să nu mai fie sub formă de gheaţă.

Ca şi la anrocamente, materialul adus cu dumperele era împrăştiat cu buldozerul şi compactat cu un compactor pe pneuri Michigan, de 31 t. Compactoarele picior de oaie nu s-au dovedit avantajoase, din punctul de vedere al efectului de compactare, iar cheltuielile de întreţinere a utilajului erau ridicate.

Controlul compactării s-a făcut pe calea obişnuită, dar în parte şi cu izotopi radioactivi.

Singurele lucrări care, în mod excepţional, au fost executate în parte şi iarna au fost injecţiile de ciment în voal. Cu două instalaţii de foraj şi pompe de injecţie Simplex, s-au realizat în total 7700 m. Injecţiile s-au făcut forînd succesiv tronsoane de 6 m şi injectînd de jos în sus cîte 2 m de tronson.

f) *Execuţia tunelului de fugă*

Stînca bună în care a fost săpat tunelul a permis execuţia fără sprijiniri. Din secţiunea totală de 97,9 m² s-a executat întîi calota superioară cu secţiunea de 48,5 m², lucrîndu-se în două schimburi de 8 ore.

Pentru perforarea găurilor de explozie au servit două instalaţii lucrînd una pentru jumătatea stîngă, cealaltă pentru jumătatea din dreapta a profilului. Fiecare instalaţie dispunea de cîte trei foreze Atlas Copco pe braţe mobile şi care aveau posibilitatea de a lucra concomitent şi fora orizontal în punctul dorit. Pentru manevrarea unei instalaţii servea numai un muncitor calificat.

Se dădeau foraje de circa 5 m. Ritmul de lucru asigura trei abataje de 4 m pe schimb, adică în două schimburi pe zi un avansament mediu de 24 m.

La explozii se utilizau capse cu întîrziere diferenţiată (milisecund).

Încărcarea materialului excavat se realiza cu două încărcătoare Caterpilar, în camioane basculante suedeze de 10 t. Parcul de 25 camioane a fost absolut suficient.

Este remarcabilă arta constructorilor suedezi de a excava fără supraprofile şi de a aranja astfel găurile de foraje, încărcarea, ordinea de explozie etc. pentru a obţine profilul final al tunelului fără a fi nevoie de vreo prelucrare.

Bolta era consolidată cu ancore metalice de 2—3 m lungime, mai dese în zonele slabe. Găurile pentru ancore şi montarea acestora se făceau de pe o platformă susţinută de un braţ mobil al unui vehicul special amenajat.

Pentru excavarea porţiunii inferioare a tunelului, de 49,4 m² secţiune, s-a utilizat o instalaţie de forare sub forma unui cărucior pe pneuri, de lăţimea tunelului, pe care se puteau deplasa şase foreze care forau vertical ; pentru toate manevrele şi lucrul forezelor serveau doi muncitori, fiecare manevrînd cîte trei foreze. Ritmul de lucru era asemănător ca la calota superioară — trei abataje de 4 m pe schimb. Se lucra în trei schimburi, cu un avansament total de 36 m pe zi. Încărcarea materialului excavat se făcea la fel ca la partea superioară. Excavarea jumătăţii inferioare a început cu doi ani după cea de sus.

Nu este prevăzută betonarea sau torcretarea galeriei, decît pe porţiuni foarte scurte cu stînca slabă.

g) *Organizarea de şantier*

Şoseaua de la Jokkmokk, oraşul şi staţia de cale ferată cea mai apropiată (circa 30 km), a fost asfaltată la începerea lucrărilor ; de asemenea au fost asfaltate principalele drumuri din şantier.

Atelierele sînt foarte puţin dezvoltate, avînd în vedere numărul relativ mic de utilaje şi faptul că o mare parte din utilaje se repară şi se revizuiesc capital de firmele care le livrează.

Depozitele de materiale de masă erau nepăzite, dar foarte ordonate.

Pentru cazarea constructorilor s-a amenajat un grup de 33 locuinţe cu 3—4 camere în oraşul Jokkmokk.

Pe şantier s-a construit o mică colonie cu 28 apartamente cu 2—5 camere *). Pentru constructorii veniţi fără familie s-au construit în „cartierul celibatarilor" 18 barăci-dormitoare mari, comune, cu un total de 203 camere cu două paturi, 7 barăci dormitoare mici cu un total de 67 camere cu un singur pat şi 2 barăci cu un total de 7 apartamente speciale pentru necăsătoriţi.

---

*) Conducerea şantierului consideră această investiţie neoportună şi la viitorul şantier se gîndea să o reducă la 5—7 apartamente, deoarece familiile cu copii locuiesc mai comod în oraşul din apropierea şantierului, unde au toate facilităţile, şcoli etc. şi pe care constructorii le pot vizita de vineri seara pînă luni dimineaţa.

Capacitatea totală de cazare pe şantier a fost aşadar de 669 constructori, inclusiv montorii, inclusiv 70 personal tehnico-administrativ, inclusiv alt personal de deservire ; această capacitate nu a fost niciodată solicitată integral.

Colonia mai are 14 clădiri temporare : clădirea administrativă a conducerii şantierului, club (cu sală de spectacole, bibliotecă, sală de cult etc.), cantină, restaurant, magazine, baie, garaje, poştă, chioşc de ziare — cărţi.

Construcţiile sînt din lemn, dar tencuite la interior ; există instalaţie centrală de încălzire pentru întreaga colonie.

h) *Costul lucrărilor*

Costul total al lucrărilor pentru construirea uzinei Seitevare este stabilit la 260 milioane coroane suedeze, adică circa 50 milioane dolari. Prin investiţia specifică de 240 dolari pe kW instalat, ca şi prin investiţia specifică de 6,45 cenţi pe kWh instalat, amenajarea apare economic foarte favorabilă.

Concluzii

După vizitarea şantierului centralei hidroelectrice Seitevare şi după informaţiile tehnice asupra ultimelor centrale hidroelectrice construite sau în construcţie în Suedia, reies următoarele concluzii :

1. Nivelul de proiectare a centralelor hidroelectrice arată că în acest domeniu există o şcoală specifică, cu bogată experienţă, cu concepţii moderne, cu dispoziţii generale simple, cu preferinţa cunoscută pentru centrale subterane, pentru galerii de fugă cu liberă scurgere cu secţiuni impresionante şi în ultima vreme pentru baraje înalte din anrocamente, cu sîmbure central din material de morenă. Proiectarea rezultă deosebit de economică ; o atenţie specială merită căptuşirea foarte rar cu beton a stîncii în galerii (la aceasta contribuie desigur situaţia geologică a Suediei, cu zone foarte întinse de formaţii cristaline tari).

2. Cu totul remarcabilă este străduinţa spre reducere la minimum a numărului de agregate în centrală, mărindu-le puterea unitară ; această tendinţă a culminat la Seitevare prin adoptarea unui singur agregat.

De menţionat nivelul tehnic excepţional al turbinelor construite în Suedia, care de exemplu la Seitevare a atins randamente de 96%.

3. Întreprinderile de construcţie au mare experienţă în execuţie ; ele au un nucleu tehnic de bază perfect calificat, care pentru fiecare lucrare nouă studiază procedee mai perfecţionate din punct de vedere tehnic şi mai economice şi alege utilajul de execuţie cel mai adecvat.

4. Dotarea întreprinderilor de execuţie cu utilajele de construcţie de mare şi foarte mare productivitate (din producţia internă şi externă) duce la ritmuri de execuţie ridicate şi necesită un număr de personal foarte redus. Alimentarea cu piese de schimb şi reparaţiile mai importante ale utilajelor de construcţie sînt asigurate în general de către furnizorii de utilaje ; acest sistem este bine pus la punct şi conduce la scurtarea duratei de imobilizare a utilajelor şi la simplificarea aparatului întreprinderii de execuţie.

5. Este impresionant numărul redus de constructori pe şantier, datorită bunei organizări, calificării ridicate şi utilajelor de înaltă productivitate. Se remarcă de asemenea numărul deosebit de mic al personalului tehnico-administrativ şi auxiliar. (Ca exemplu al căilor de reducere a acestui personal, depozitele de materiale, de masă, lemn, cherestea, ciment, fier etc. erau îngrădite, dar fără poartă, fără magaziner, fără paznic).

În încheiere, specialistul care a vizitat şantierul centralei hidroelectrice Seitevare duce, în afară de amintirea unor constructori deosebit de amabili şi primitori, impresia unei concepţii de organizare şi a unui mecanism de execuţie care asigură realizarea lucrărilor de bună calitate, cu eficienţă economică ridicată şi în ritm rapid.

(Articol intrat în redacţie la 18 octombrie 1967)

CRONICĂ

FEDERAŢIA MONDIALĂ A ORGANIZAŢIILOR DE INGINERI

În Palatul UNESCO, de la Paris, s-au desfăşurat între 4 şi 7 martie 1968 lucrările conferinţei de constituire şi prima adunare generală a Federaţiei Mondiale a Organizaţiilor de Ingineri (F.M.O.I.).

O activitate pregătitoare de peste doi ani, cu sprijinul Departamentului pentru studii, cercetare şi formare a cadrelor din UNESCO, a permis delegaţiilor celor 61 de organizaţii naţionale şi 5 organizaţii regionale de ingineri care au participat [*] să pună bazele federaţiei.

Federaţia are drept scop să contribuie la progresul profesiunii de inginer în interesul general şi să exprime punctul de vedere în chestiuni în care o poziţie colectivă este posibilă. Ea îşi propune să încurajeze schimbul de informaţii şi să înlesnească cooperarea organizaţiilor de ingineri atît între ele cît şi cu organizaţiile din alte domenii cu care organizaţiile inginereşti au contingenţă. Pentru a atinge aceste obiective, federaţia va organiza reuniuni, va încuraja activitatea organizaţiilor naţionale şi regionale inginereşti, va facilita schimbul de informaţii între ele, va studia proiecte speciale privind probleme care interesează asociaţiile membre şi va favoriza cooperarea cu organizaţii guvernamentale.

După adoptarea statutului provizoriu, adunarea generală a examinat unele probleme de interes general care să stea la baza programului viitor de activitate.

Un loc central l-a ocupat problema formării şi perfecţionării profesionale a inginerilor. A reieşit că activitatea desfăşurată în acest domeniu în diferite ţări şi pe plan regional constituie premise valoroase pentru cunoaşterea şi înţelegerea reciprocă a metodelor, nivelelor de formare şi calificare. Un comitet de experţi urmează a se constitui în vederea studierii şi valorificării experienţei existente atît la organizaţiile naţionale şi regionale de ingineri, cît şi la unele organizaţii internaţionale specializate. Studiul va cuprinde şi zona încă insuficient studiată a preocupărilor pentru pregătirea tehnicienilor, pornind chiar de la definirea exactă a sferei noţiunii de tehnician, a atribuţiilor ce le revin în diferite ţări, astfel încît aportul lor în producţie să fie cît mai eficient.

Au fost examinate implicaţiile creşterii vertiginoase a volumului de literatură tehnică asupra metodologiei de cercetare şi valorificare a documentării. Un comitet de experţi va fi chemat să studieze posibilităţile de coordonare a activităţii de documentare din ţările care folosesc în acest scop calculatoarele, în vederea universalizării schimburilor, ţinînd totodată seamă de cerinţele cadrelor tehnice din ţările nedotate încă cu aparatură modernă.

---

[*] FEANI — Federaţia europeană a asociaţiilor naţionale de ingineri; UPADI — Uniunea panamericană de ingineri; CEC — Conferinţa asociaţiilor de ingineri din Commonwealth; EUSEC — Conferinţa asociaţiilor de ingineri din Europa occidentală; Federaţia inginericor arabi.

Pentru a răspunde cît mai bine sarcinii sociale ce revine inginerilor în dezvoltarea economiei fiecărei ţări în pas cu tehnica modernă, s-a propus ca în programul de activitate al F.M.O.I. să fie cuprinsă şi preocuparea pentru căile privind utilizarea operativă în practica inginerească a rezultatelor cercetării ştiinţifice.

Printre organizaţiile inginereşti care au constituit FMOI este şi Consiliul Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor care a participat printr-o delegaţie formată din dr. ing. Oliviu Rusu, vicepreşedinte al CNIT, şi ing. Alexandru Teodoru, membru al CNIT. Numeroase propuneri ale CNIT, exprimate în aceste probleme în cadrul dezbaterilor, au obţinut consensul delegaţiilor prezente, ceea ce a determinat includerea lor în statutul şi rezoluţiile corespunzătoare ale conferinţei.

A fost ales Comitetul executiv al F.M.O.I. sub conducerea dr. Erich Choisy, eminent inginer elveţian. Viitoarea adunare generală va avea loc în octombrie 1969 la Beyrut (Liban).

Informaţii tehnice

Primele succese ale reactorului cu sare topită. Reactorul MSRE (molten salt reactor experiment = reactorul experimental cu sare topită) din Oak Ridge (S.U.A.) a atins o durată de funcţionare la plină sarcină de 6000 ore, fără să se fi înregistrat dificultăţi deosebite. În acest timp s-a mai încărcat de două ori combustibil nuclear, fără oprire din funcţionare. Reactorul are o putere de 7,5 MW_t. El funcţionează cu o temperatură de ieşire a mediului de răcire de 650°C, fiind considerat ca prototipul reactorului reproducător termic.

(BWK 20, nr. 2, febr. 1968, p. 91)

1967 — an record pentru comenzi de centrale nuclearoelectrice în S.U.A. În 1966 au fost comandate pentru 24 centrale nuclearoelectrice unităţi cu o putere totală de circa 20 000 MW_e. În 1967, această cifră a fost depăşită cu 25%, comandîndu-se 31 unităţi cu o putere totală de circa 25 500 MW_e. Se presupune că acest record nu va fi atins pentru cîtăva vreme. Comenzile date în 1967 se repartizează pe firme în modul următor: Westinghouse — 13 reactoare cu apă sub presiune, General Electric — 8 reactoare cu apă în fierbere, Babcock & Wilcox — 5 reactoare cu apă sub presiune, Combustion Engineering — 5 reactoare cu apă sub presiune.

(BWK 20, nr. 2, febr. 1968, p. 92)

S-a descoperit neetanşeitatea de la reactorul de la Dounreay. După cercetări laborioase s-a descoperit o mică neetanşeitate la una din cele 24 conducte de legătură spre schimbătorul de căldură. Se prevede că prototipul reactorului reproducător rapid britanic cu o putere de 15 MW_e, oprit pentru acest defect de la sfîrşitul lunii iulie 1967, va mai fi oprit mai multe luni pentru etanşarea defectului.

(BWK 20, nr. 2, febr. 1968, p. 92)

Firma Siemens, în calitate de furnizor general, construieşte la Utrillas, la comanda companiei „Union Termica Barcelona", o centrală al cărei turbogenerator de 160 MW are parametrii aburului 180 ats şi 525°C. Cu cele 40 ventilatoare de cîte 70 kW şi diametrul de 5,6 m, aceasta va fi cea mai mare instalaţie de condensare cu aer.

(BWK nr. 2, 1968, p. 91–96)

La centrala Niederaussen este în montaj o turbină Escher Wyss de 315 MW, care va mări puterea centralei la 900 MW. Caracteristic acestui grup cu patru corpuri, cu parametrii aburului de 166 ats şi 525°C şi cu şapte trepte de preîncălzire regenerativă a apei de alimentare pînă la 235°C, este antrenarea pompei de alimentare de către o turbină cu condensaţie de 11 MW.

(BWK nr. 2, 1968, p. 91–96)

Firma AEG va livra al treilea grup de 315 MW pentru centrala Weser. Parametrii aburului viu sînt 190 ats şi 535°C. Temperatura apei de alimentare, în cele şapte trepte de preîncălzire regenerativă, este ridicată pînă la 252°C. Debitul cazanului cu circulaţie forţată este de 930 t/h.

Puterea aparentă a generatorului de 395 MVA este debitată la tensiunea de 21 kV. Răcirea înfăşurării statorului se face cu apă desalinizată, iar cea a rotorului cu hidrogen.

(BWK nr. 2, 1968, p. 91–96)

Compania AEP din S.U.A. a încheiat cu firma „Brown Boveri" un contract pentru furnizarea a patru turbogeneratoare de cîte 1100 MW. Lungimea turbogeneratorului este de 65 m, iar greutatea sa de 4800 t.

Turbina este de tipul cu un singur ax, cu o viteză de 1800 rot/min şi un debit de abur de 6340 t/h. Diametrul ultimei trepte de palete este de 1320 mm.

Puterea aparentă a generatorului de 1333 MVA este debitată la tensiunea de 24 kV.

(BWK nr. 2, 1968, p. 91–96)

Consumul de energie electrică din reţeaua publică a atins în anul 1967 în R.F.G. valoarea de 140 TWh, înregistrînd o creştere de 4,1% faţă de anul 1966.

Centralele electrice publice şi-au mărit puterea cu 2000 MW (1630 MW termo şi 370 MW hidro), atingînd o putere totală de 30 000 MW, prin punerea în funcţiune a grupurilor de 300 MW la centrala Weisweiler, 200 MW la centrala Frauenaurach, 160 MW la Walheim, a două blocuri de 180 MW la Karlsruhe etc.

(BWK nr. 2, 1968, p. 91–96)

Pentru cea de-a treia centrală hidroelectrică de la Grand Coulee sînt prevăzute trei hidrogeneratoare de cîte 600 MW, care vor intra în funcţiune la cîte şase luni începînd din 1973.

Greutatea rotorului se estimează la 2000 tone. Viteza de rotaţie — 72 ture/min. Turbinele vor dezvolta o putere de 1 000 000 C.P.

Prin construcţia celei de-a treia centrale, puterea nodului hidroenergetic va atinge valoarea de 9200 MW — probabil cea mai mare din lume.

(Electrical Times vol. 153, nr. 8, 22 febr., 1968)

CEGB a comandat firmei FERRANTI două calculatoare microminiaturizate de tip ARGUS 500 şi 17 dispozitive de vizualizare cu tub catodic ce vor fi instalate în camerele de comandă ale punctelor de dispecer. Prin intermediul acestui sistem complex de calcul, dispecerii de serviciu vor putea controla regimul de funcţionare a sistemului energetic, schemele de conexiuni ale centralelor şi staţiilor, circulaţiile de putere şi vor primi informaţiile operative necesare.

(Electronics and Power vol. 14, febr. 1968)

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

RECOMANDĂRI PRIVIND ÎNTOCMIREA ARTICOLELOR TEHNICO-ŞTIINŢIFICE

1. FONDUL ARTICOLELOR

1.1. Lucrări ce pot fi prezentate spre publicare :

1.1.1. de importanţă generală (principii noi, dispoziţii noi, rezultate experimentale originale, studii teoretice inedite ale unor fenomene fizice şi procese tehnice cu caracter general) ;

1.1.2. tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale, avînd contribuţii originale, dar referindu-se la un domeniu de specialitate restrîns (extinderea valabilităţii unor dispoziţii, aplicarea unor teorii sau metode cunoscute la o problemă nouă, rezultate experimentale inedite sau de control) ;

1.1.3. tehnice obişnuite (expunerea studiului unor probleme tehnico-ştiinţifice discuţii şi critici ale unor rezultate cunoscute etc.).

1.2. Legătura cu practica muncii de cecetare, proiectare, învăţămînt, producţie este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie trebuie să se refere la probleme noi şi actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să cuprindă propuneri de viitor.

1.3. Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

1.4. Lucrările care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare.

2. FORMA ARTICOLELOR

2.1 Organizarea lucrării.

2.1.1. Titlul va prezenta în minimum de cuvinte obiectul lucrării.

2.1.2. Numele autorului va fi precedat de prenume.

2.1.3. Un scurt rezumat fixînd premisele de la care s-a pornit, problema studiată şi cadrul în care este tratată, nedepăşind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.

2.1.4. Impărţirea pe capitole se va face cu cîteva subtitluri potrivit alese, în număr strict necesar pentru o expunere clară a ideilor şi înlesnirea orientării.

2.1.5. Textul. În introducere se încadrează problema in preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei ; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase, de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic ilustrativ, tabele etc.

2.1.6. Concluziile vor concentra rezultatele obţinute cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

2.1.7. Anexele pot cuprinde demonstraţii originale sau absolut necesare inţelegerii formulelor din text ; de asemenea în anexe se pot da exemple de calcul în cazul articolelor care necesită asemenea exemple.

2.1.8. Citarea literaturii de specialitate. Afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt în general cunoscute vor fi referite la lista bibliografică de la sfîrşitul lucrării. Referirea se face indicîndu-se poziţia lucrării în lista bibliografică, în paranteze drepte.

2.2. Prezentarea lucrării :

2.2.1. Nivelul articolelor va fi înalt.

2.2.2. Stilul. Redactarea va fi clară şi concisă. Ortografia va fi în concordanţă cu regulile Academiei R.S.R. Nu se admit prescurtări, cu excepţia celor unanim recunoscute.

2.2.3. Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înţelegerii raţionamentului matematic. Sînt suficiente, în general, punerea în ecuaţie şi indicarea rezultatelor. Pentru demonstraţii se vor alcătui anexe (v. pct. 2.1.7.).

2.2.4. Tabelele se vor folosi în cazul cînd date numerice importante nu pot fi reprezentate grafic satisfăcător. Nu se admite folosirea concomitentă a datelor numerice sub formă de tabelă şi diagramă. Tabelele vor fi referite în text şi se va indica sursa lor.

2.2.5. Materialul grafic ilustrativ (figuri, fotografii) va permite reprezentarea clară şi intuitivă a unor idei, puncte de vedere. Ele trebuie să completeze expunerea din text şi vor fi referite cu grijă în text, indicîndu-se sursa lor.

2.2.6. Sistematizarea şi numerotarea capitolelor se vor face cu grijă, evitîndu-se excesele. Se recomandă utilizarea sistemului zecimal.

2.3. Forma exterioară a lucrării :

2.3.1. Terminologie, mărimi şi unităţi. Se recomandă a fi conforme cu normele internaţionale şi STAS în vigoare.

2.3.2. Scrierea formulelor. Se recomandă o atenţie deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii şi exponenţii se vor scrie mai mici decît baza şi aşezaţi mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, romane, greceşti, gotice etc. Numerotarea formulelor se va face în paranteze rotunde, în dreapta.

2.3.3. Figurile trebuie executate unitar şi raţional. Ele vor fi numerotate în continuare. Fotografiile vor fi pe hîrtie lucioasă alb-negru. Explicaţia figurilor se va face pe o pagină separată.

2.3.4. Notele din text se numerotează în continuare.

2.3.5. Citarea literaturii în text se face prin simpla indicare a poziţiei lucrării în cadrul listei bibliografice, în paranteze drepte, fără alte menţiuni.

2.3.6. Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît şi figuri sau tabele), speciale cît şi cele generale. Se vor indica toate datele în transcripţii originale. Pentru cărţi : numele complet, prenumele prescurtat. titlul complet (eventual şi tradus, în paranteze), ediţia, editorul, locul editurii, anul. Pentru articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual şi tradus, în paranteze), revista, tomul, anul, numărul, pagina.

2.3.7. Scrisul la maşină al articolelor este recomandat cu insistenţă, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură faţă, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). În partea stîngă a foii se lasă o magine de 5 cm.

2.3.8. Paginaţia se face în continuare. Se recomandă un vo- de 10—12 pagini pentru articole.

2.3.9. Expedierea. Lucrările (în dublu exemplar) vor fi prinse cu agrafe. Manuscrisul se expediază cu paginile întinse format A 4 şi cu plicul conţinînd materialul grafic ilustrativ anexat.

3. RELAŢII CU REDACŢIA

3.1. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicaţii.

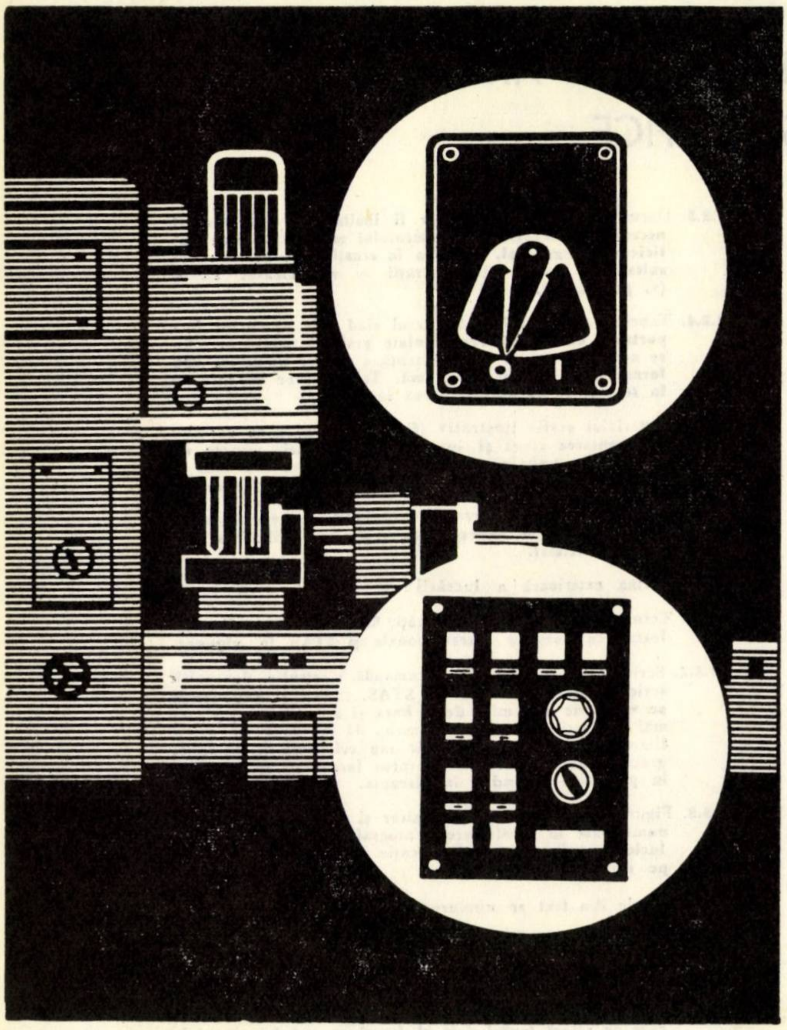
3.2. Articolele se trimit cu o notă însoţitoare pe adresa redacţiei. În notă se vor indica : titluri academice, funcţii, localitatea şi adresa, nr. de telefon.

3.3. Lucrările executate în cadrul diverselor instituţii sau organizaţii vor purta aprobarea acestora de publicare.

3.4. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare.

3.5. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esenţiale faţă de manuscris. Modificările importante ale manuscrisului cad în sarcina autorului.

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883



ÎNTRERUPTOARE DE PUTERE — PROTECŢIA INSTALAŢIILOR ELECTROTEHNICE ÎN TOATE RAMURILE INDUSTRIALE

Prin introducerea întreruptoarelor de putere EL se obţine o siguranţă maximă pentru instalaţie şi pentru consumator.

Producerea întreruptoarelor de putere în conformitate cu principiul blocului permite modificarea aparatelor corespunzător cu cerinţele scopului de folosire prescris.

Caracteristicile deosebite ale întreruptorului de putere EL sînt:

— durată mare din punct de vedere mecanic;
— posibilitatea unui număr mare de operaţii;
— siguranţă maximă în funcţionare, cu supraveghere şi întreţinere minime.

Vă rugăm să ne cereţi prospecte detaliate.

Exportator:

Exportkontor Elektroapparate
im Auftrag des
DEUTSCHEN INNEN- UND AUSSENHANDEL

Elektrotechnik

Republica Democrată Germană

ELEKTRO-APPARATE-WERKE DER DDR

Informaţii mai detaliate vă pune la dispoziţie:
Biroul tehnico-comercial DIA Electrotehnik HPA
al Ambasadei R. D. G. din R. S. România
Calea Dorobanţilor nr. 14—Bucureşti

EAW

Revista „ENERGETICA", organ al Ministerului Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R. S. România (CNIT). Redacţia: Bucureşti, Splaiul Independenţei nr. 49, Sectorul VI, Tel. 136683; 130053. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinete tehnice în contul nostru de virament: nr. 058001 B.N.R.S.R.— Sectorul VI. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri lei 30 anual. Preţul unui exemplar lei 5. — Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „Informaţia", Bucureşti — c. 5333

Taxele poştale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.T. nr. 10/1095, 1967

41 401

ENERGOMACHEXPORT

Sudura electrică în baie de zgură

Tehnologia înaintată a sudurii electrice în baie de zgură se utilizează în prezent pe scară largă în lumea întreagă. Sudura electrică în baie de zgură a construcțiilor metalice (în special cu grosimi mari) este un proces care a fost elaborat în U.R.S.S. Iată cîteva din avantajele lui:

— Un metal care are o grosime inegală se poate suda cap la cap la o singură trecere, poziția metalului care se sudează rămînînd aceeași.

— Sudarea metalului prin topire se face mult mai repede decît la sudura cu mai multe straturi.

— Deformarea este redusă ca urmare a încălzirii simultane a întregului plan al metalului care se sudează.

— Lipsește pregătirea preliminară și costisitoare a muchiilor Pentru a se obține o îmbinare sudată de cea mai bună calitate, nu trebuie decît ca suprafața marginilor sudate să fie plană

— Se realizează o economie considerabilă ca urmare a reducerii greutății construcției sudate.

— Durata de execuție a produsului se reduce de aproape 15 ori în comparație cu metoda sudării cu mai multe straturi.

— Metoda sudurii electrice în baie de zgură se utilizează pe scară largă la fabricarea cazanelor, vaselor cu presiune înaltă, la lucrările de construcție, pentru fabricarea unor utilaje chimice și utilaje pentru industria atomică.

V/O „Energomașexport" oferă o serie de instalații sovietice pentru sudura electrică în baie de zgură — aparatele A—612, A—535, A—645, A—820 M, A—681 r, A—1150.

Exportator V/O *„Energomașexport"*
U.R.S.S., Moscova, V—33,
Mosfilmovska 35
Telex: 243

O productivitate înaltă,
o calitate înaltă a cusăturii sudate — acestea sînt caracteristicile sudurii electrice sub flux.

Topirea adîncă a metalului de bază permite să se sudeze produsul fără prelucrarea marginilor.

Metoda sudurii sub flux și-a găsit o largă utilizare în construcțiile de mașini, de nave și în transporturi.

Asociația unională „Energomașexport" poate oferi diferite

AUTOMATE ȘI SEMIAUTOMATE PENTRU SUDURĂ ȘI ÎNCĂRCARE PRIN SUDURĂ SUB FLUX

modelele: ADS–1000–2, ADF–500, A–384 MK, TS–17 r, DTS–38, TS–32, TS–35, A–639, A–874.

Pentru toate problemele de livrare, vă rugăm să vă adresați la:

V/O „Energomașexport"
U.R.S.S., Moscova V–330,
Mosfilmovska 35
Telex: 243

ЭМЕ
ENERGOMACHEXPORT

I.R.E MUREȘ

Produce, transportă și distribuie energie electrică în rețele electrice de înaltă, medie și joasă tensiune

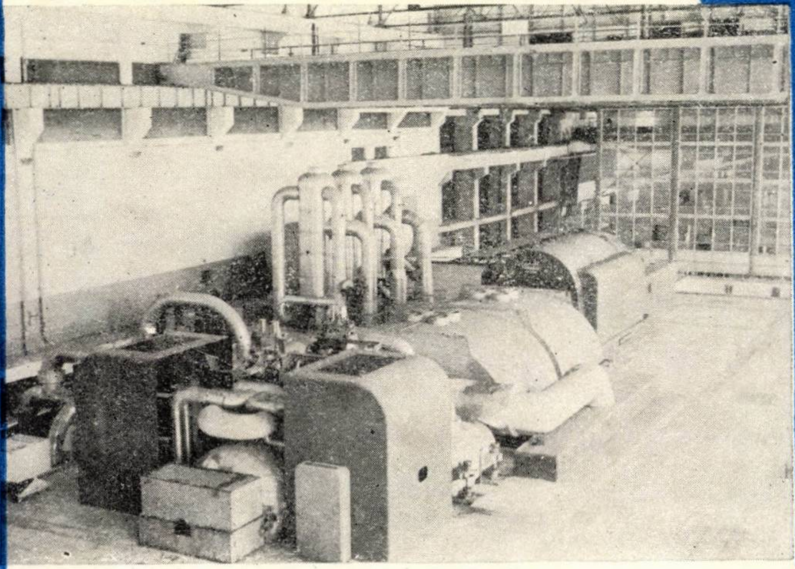
Execută:

lucrări de construcții — montaj la electrificări rurale și industriale și instalații interioare

verificări de aparate electrice de măsură și control în laboratorul PRAM—IREM

lucrări de întreținere la iluminatul public
proiecte de instalații energetice

ÎNTREPRINDEREA CENTRALA ELECTRICĂ DE TERMOFICARE
CRAIOVA

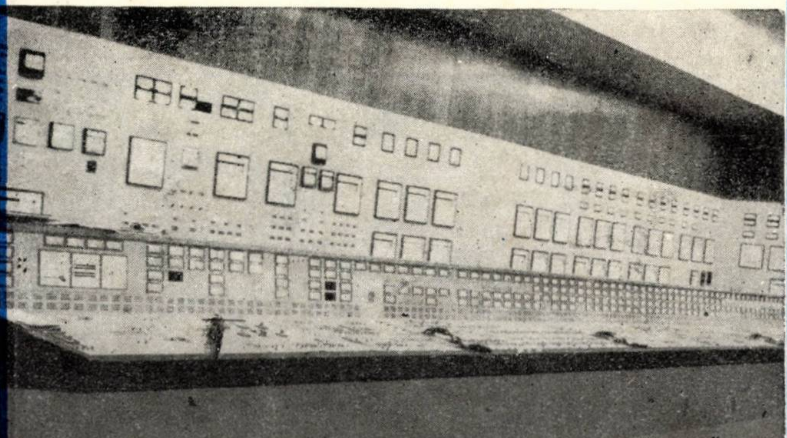


- produce şi furnizează, prin instalaţiile sale, sistemului energetic naţional, energie electrică ;
- produce şi livrează căldură consumatorilor industriali din zonă.

CET Craiova dispune de o putere instalată de peste 650 MW şi se va extinde pînă la 1000 MW, cu încă un grup de 330 MW

CET Craiova dispune de grupuri moderne de instalaţii cu un înalt grad de automatizare şi de concentrare a comenzilor.

CET Craiova va fi prima centrală în care se vor instala calculatoare electronice.

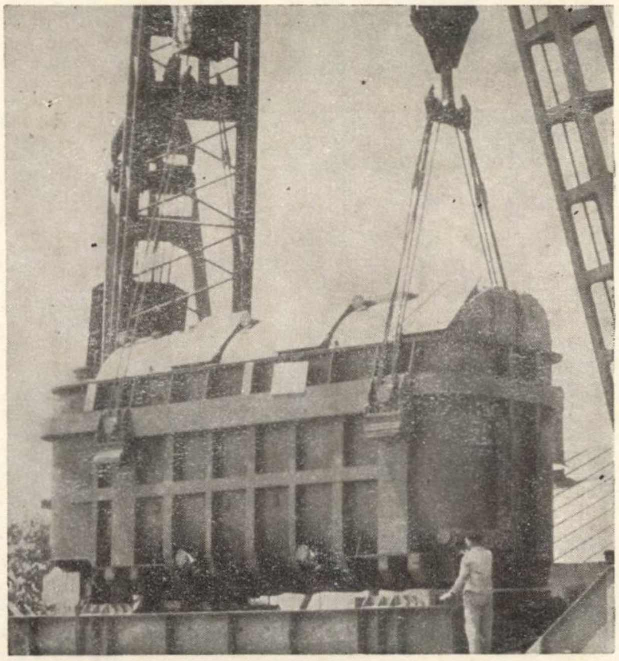


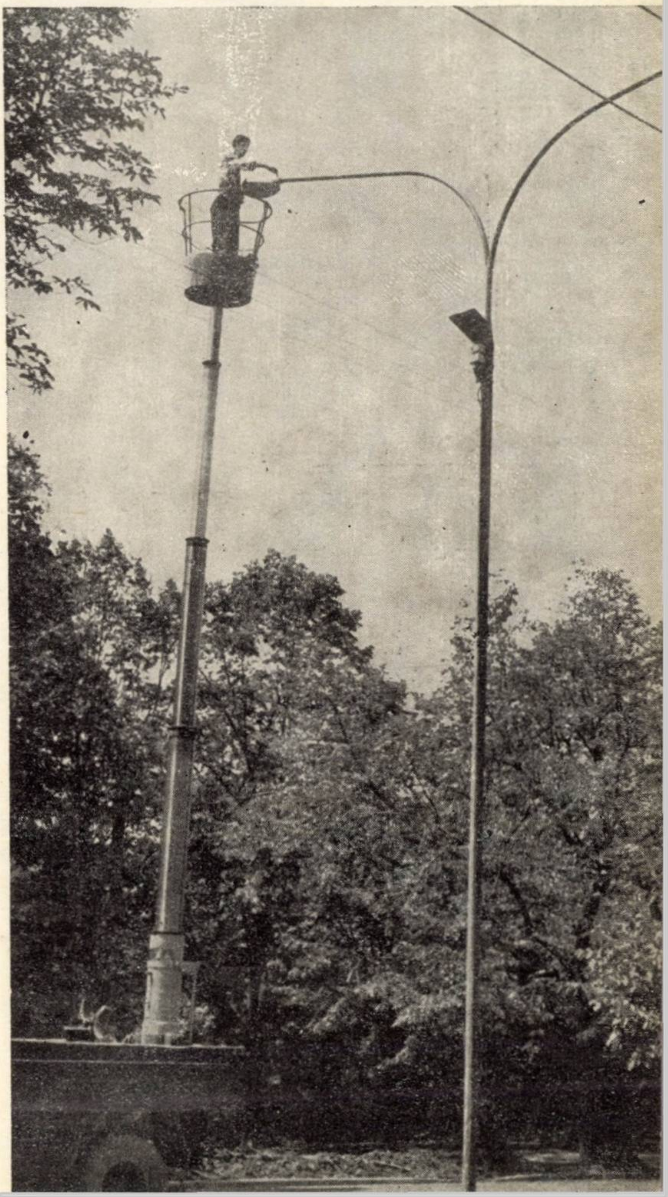
I.C.E.T. CRAIOVA

INTREPRINDEREA

ELECTROMONTAJ
BUCUREȘTI

EM





EXECUTĂ:

- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuție
- Rețele electrice in cablu subteran pînă la 110 kV
- Stații de distribuție și posturi de transformare
- Stații de transformare de 35-400 kV
- Rețele de iluminat public
- Electrificări rurale

București, Str. Candiano Popescu Nr. 1 — tel. 23.88.30

I.R.E.

OLTENIA

TRAIASCA PARTIDUL COMUNIST ROMAN
IREO

Produce, transportă și distribuie:

- energie electrică în rețele electrice de joasă, medie, înaltă și foarte înaltă tensiune, la consumatorii casnici și industriali din regiune.

Întocmește

- studii tehnico-economice pentru lucrări noi și îmbunătățirea instalațiilor existente
- proiecte de execuție pentru linii aeriene și subterane, posturi și stații de transformare, instalații de iluminat.

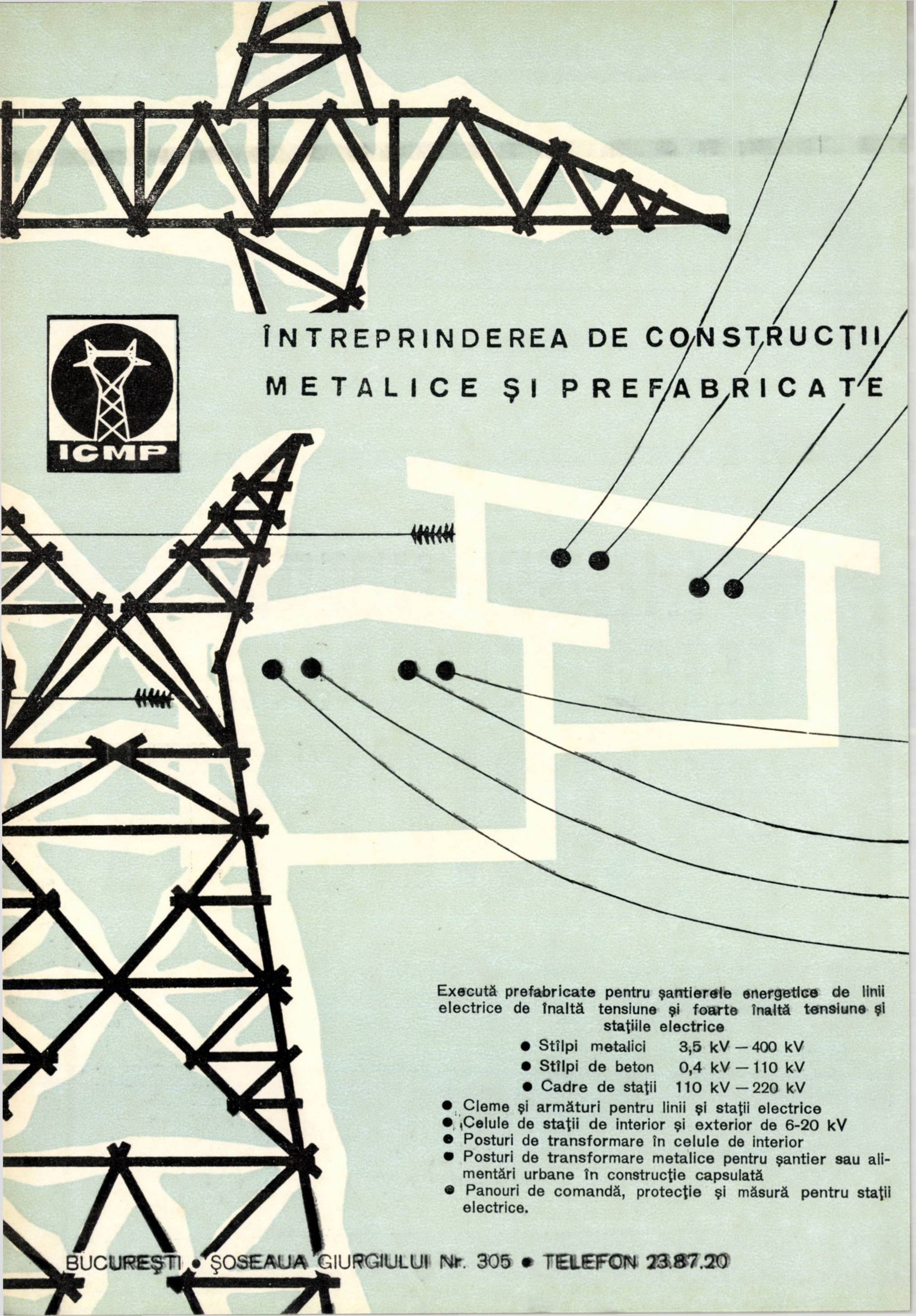
Execută

- linii electrice de 6, 15 și 35 kV
- linii electrice de joasă tensiune pentru electrificări urbane și rurale
- posturi și stații de transformare
- reparații și verificări de transformatoare de forță
- reparații și verificări de aparate electrice de măsură și control, prin laboratoarele proprii PRAM

INTREPRINDEREA ELECTRO-CENTRALE

DOICEȘTI

- Puterea instalată a tuturor centralelor electrice ale I.E.C. Doicești depășește 150 MW și asigură cu energie electrică zonele industriale Ploiești și Tîrgoviște.
- I.E.C. Doicești este interconectată la sistemul energetic național, livrînd energie la 110, 35 și 6 kV.
- I.E.C. Doicești contribuie la înfăptuirea programului de electrificare a țării.



ICMP

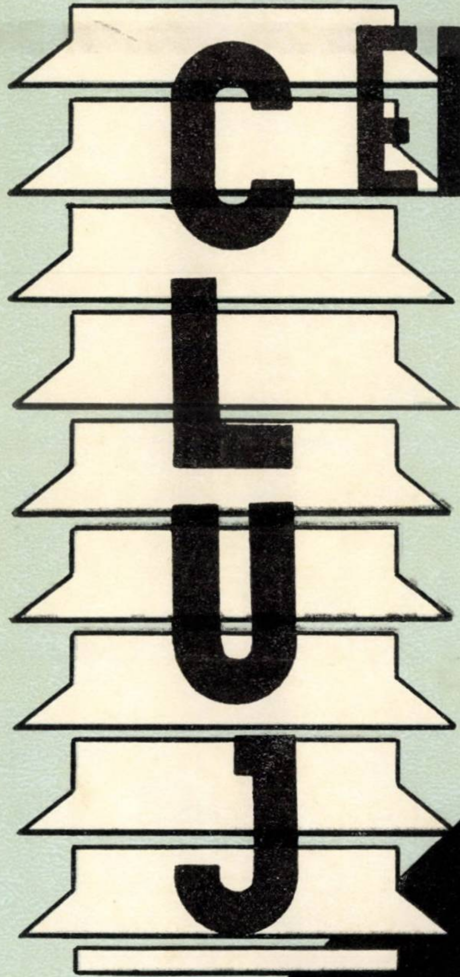
ÎNTREPRINDEREA DE CONSTRUCŢII METALICE ŞI PREFABRICATE

Execută prefabricate pentru şantierele energetice de linii electrice de înaltă tensiune şi foarte înaltă tensiune şi staţiile electrice

- Stîlpi metalici 3,5 kV — 400 kV
- Stîlpi de beton 0,4 kV — 110 kV
- Cadre de staţii 110 kV — 220 kV
- Cleme şi armături pentru linii şi staţii electrice
- Celule de staţii de interior şi exterior de 6-20 kV
- Posturi de transformare în celule de interior
- Posturi de transformare metalice pentru şantier sau alimentări urbane în construcţie capsulată
- Panouri de comandă, protecţie şi măsură pentru staţii electrice.

BUCUREŞTI • ŞOSEAUA GIURGIULUI Nr. 305 • TELEFON 23.87.20

INTREPRINDEREA ELECTROMONTAJ CLUJ



Execută

- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuție
- Rețele electrice în cablu subteran pînă la 35 kV
- Stații de transformare 35-400 kV
- Stații de distribuție și posturi de transformare
- Rețele de iluminat public
- Electrificări rurale

TRUSTUL

ELECTROMONTAJ

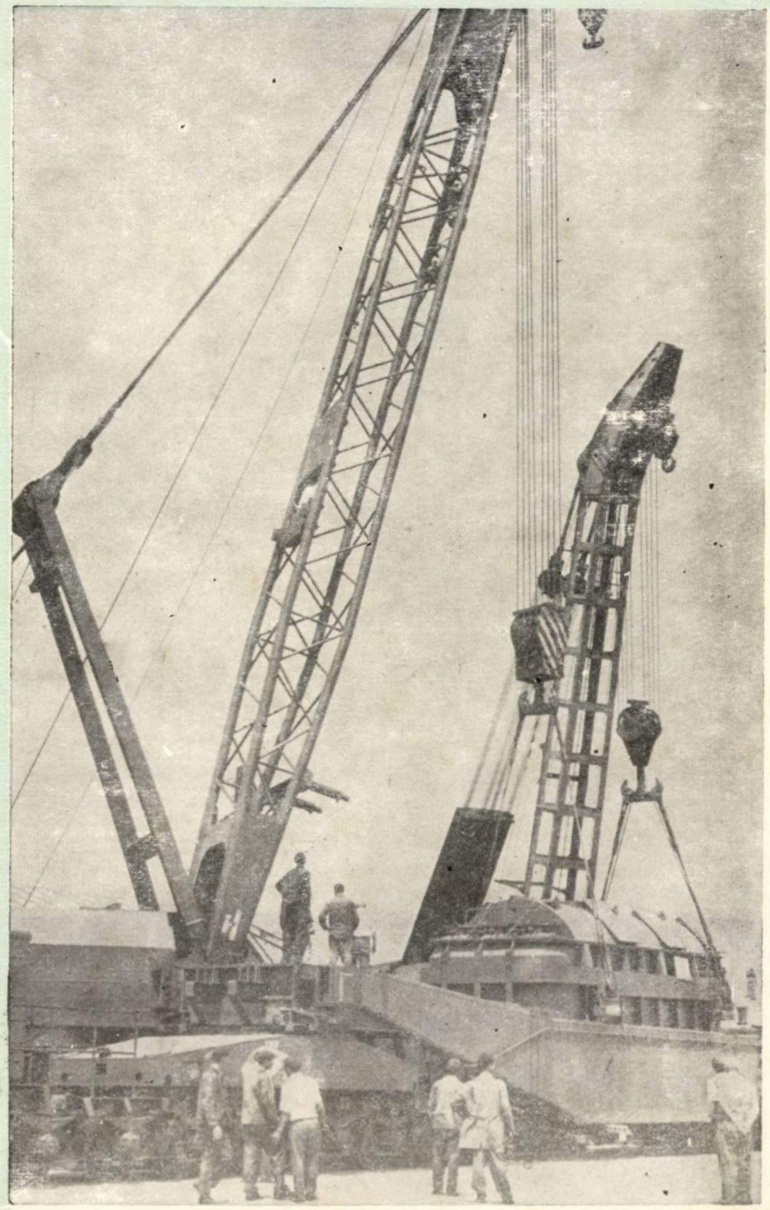
Execută prin unitățile sale de construcții:

- Stații electrice și posturi de transformare
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuție
- Electrificări rurale

Produce prin unitățile sale industriale:

- Stîlpi metalici
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionați
- Celule și panouri pentru centrale și stații electrice
- Posturi de transformare urbane și rurale complet prefabricate
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, stații, posturi de transformare și linii electrice de transport și distribuție

BUCUREȘTI, CALEA MOȘILOR 158 TELEFON 16.63.30



IRE HUNEDOARA

str. G. Enescu nr. 39
telefon: 1950 — 1952

Produce
Transportă
Distribuie

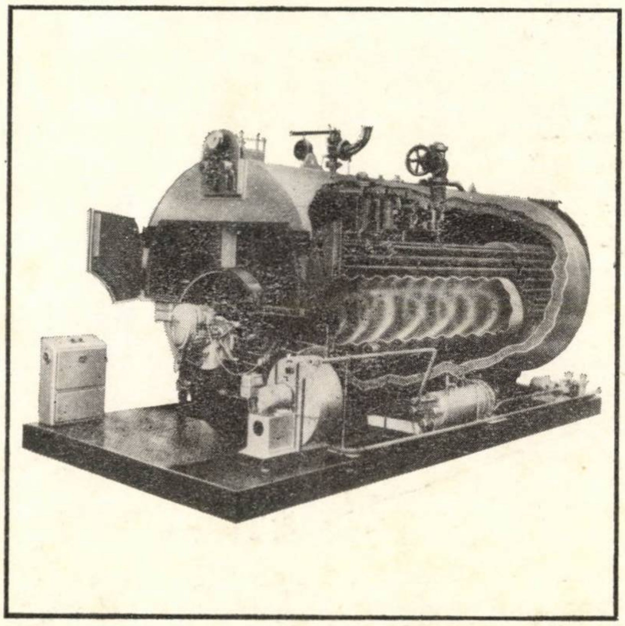
Energie electrică în reţele electrice de înaltă, medie şi joasă tensiune

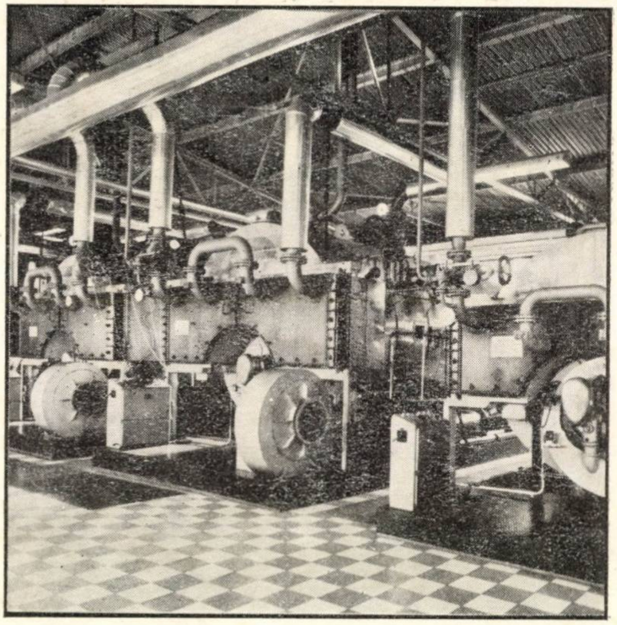
Executa :

- Verificări de aparate electrice de măsură şi control în laboratoarele P.R.A.M.
- Lucrări de construcţii-montaj la electrificări rurale şi industriale
- Lucrări de întreţinere la iluminatul public
- Proiecte de instalaţii energetice

Cazane de constructie compactă

STANDARD-CONDOR-KESSEL





Cazan cu trei drumuri de gaze, combinat cu tub de flacără şi ţevi de fum, echipat cu o cameră de întoarcere a gazelor de ardere, răcită cu apă, fără zidărie, montat pe un cadru. Pregătit pentru intrarea în funcţiune, cu toate instalaţiile necesare unei funcţionări complet automate. Instalaţia de ardere este construită pentru arderea păcurii, gazelor sau arderea combinată a păcurii şi a gazelor. Reglajul arderii se face în trepte sau continuu, cu adaptare exactă la debitul momentan al cazanului. Funcţionarea cazanului este asigurată printr-un sistem electronic împotriva oricăror deranjamente posibile. Printr-o funcţionare de probă făcută în fabrică, cazanul este reglat pentru debitul efectiv. Cazanul se montează fără fundaţie. După ce s-au racordat conductele de combustibil, de apă, de abur şi instalaţia electrică, cazanul este în stare de funcţionare.

STANDARD-CONDORKESSEL (cazanele Condor-standard) s-au verificat în toate domeniile termoenergeticii şi electroenergeticii. Ele se utilizează la presiuni înalte pentru producerea de abur saturat şi supraîncălzit, la joasă presiune şi pentru apă supraîncălzită. Există peste 30 de mărimi de cazane cu debite de abur de la 160 kg/h la 20 t/h. Presiunea atinge 25 kgf/cm², în funcţie de mărimea cazanului. Pentru valori mai mari, producem STANDARD-PORTAKESSEL (cazane Porta-standard), cazane acvatubulare de construcţie compactă.

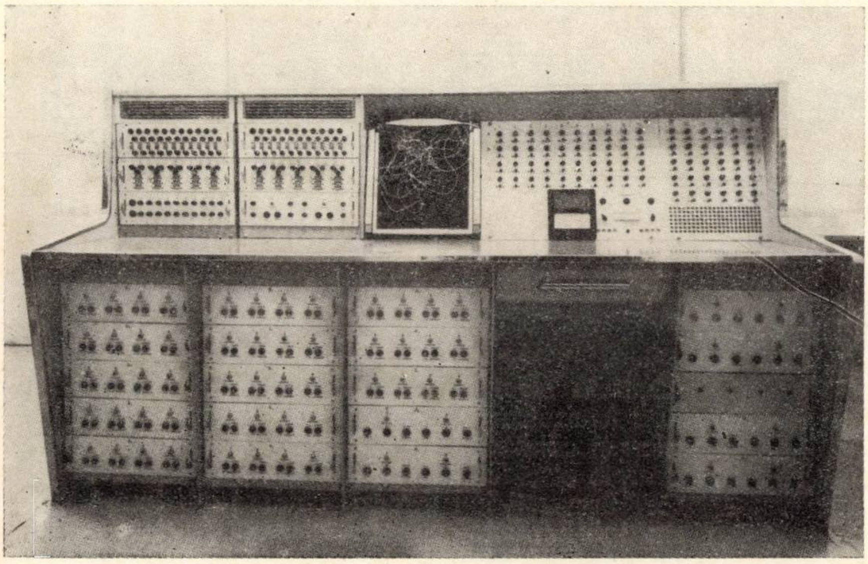
STANDARDKESSEL DUISBURG

SKG
STANDARD

R. F. a Germaniei

41 Duisburg
Wilhelmshöhe
☎ 02131 / 3 43 41
0855 650

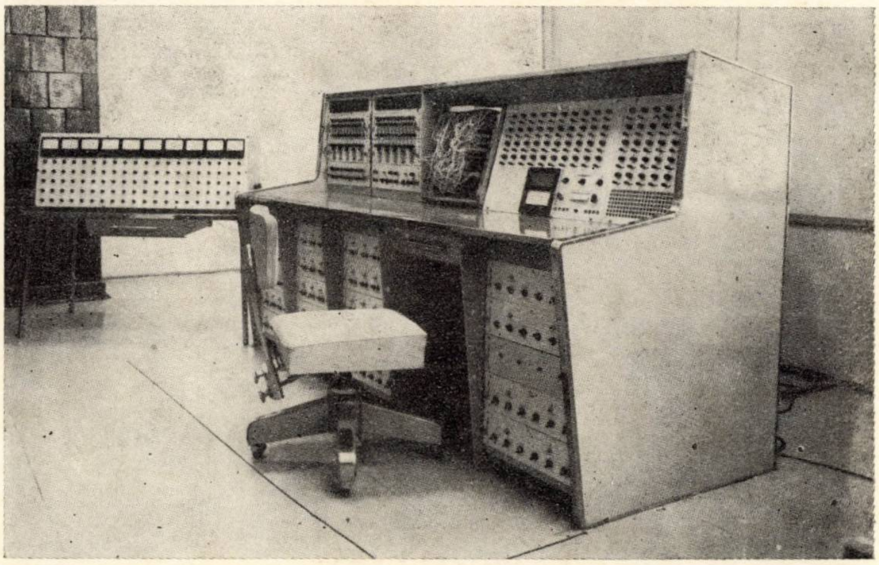
irme



dispune de un calculator analogic avînd următoarele caracteristici:
- 66 amplificatoare operaționale;
- 12 generatoare de funcții;
- 10 limitatoare;
- 2 comparatoare-limitatoare;
- 70 potențiometri coeficienți;
- panouri de interconexiune interschimbabile.

Calculatorul permite în general rezolvarea problemelor în care intervin ecuații diferențiale liniare sau neliniarități statice, ca, de exemplu:

- acordarea regulatoarelor de:
  - tensiune;
  - turație;
  - ardere a cazanelor;
  - putere (ale centralelor care participă la reglarea frecvență-putere;
  - nivel (ale centralelor hidroelectrice funcționînd pe canal);

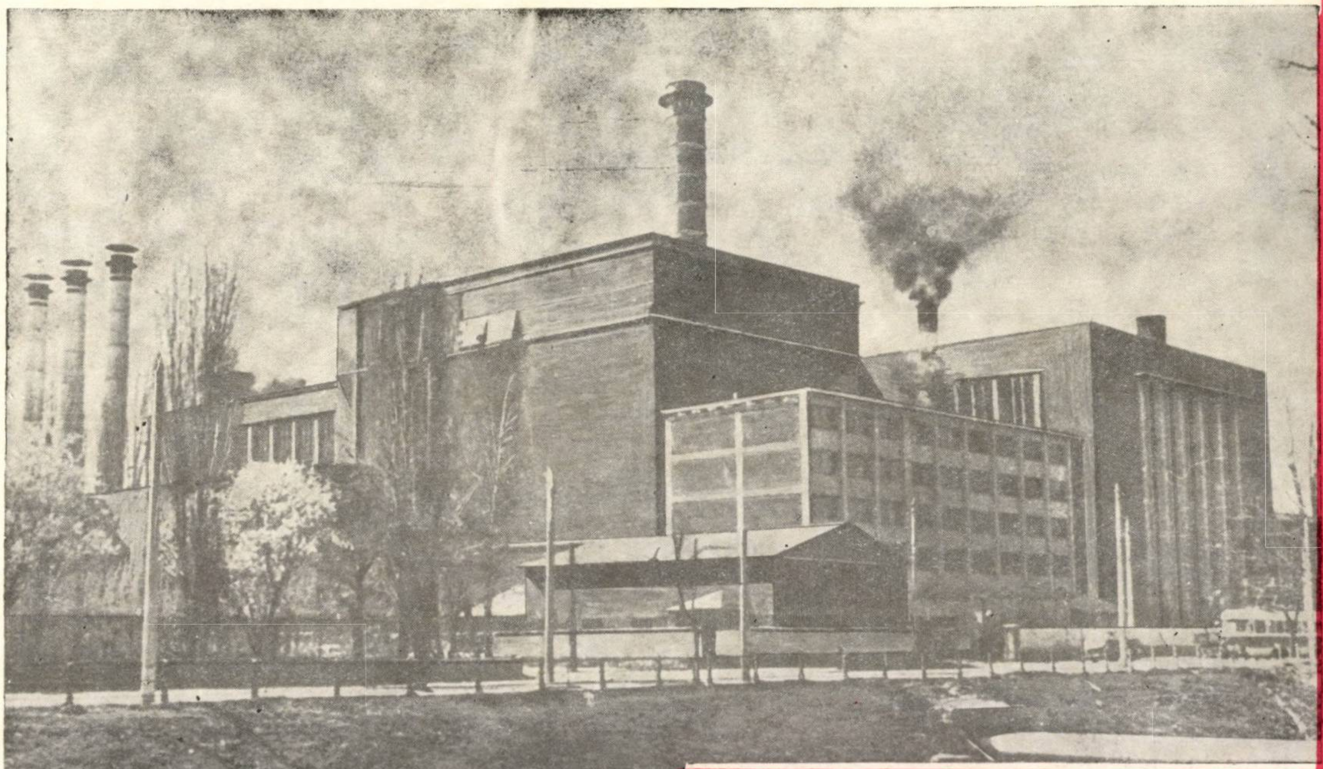


- determinarea caracteristicilor dinamice (funcțiilor de transfer) ale elementelor de automatizare și ale agregatelor automatizate;
- alegerea schemelor optime de reglare a arderii;
- rezolvarea ecuațiilor privind fenomenele de propagare a căldurii;
- rezolvarea ecuațiilor privind fenomenele de supratensiuni de comutație;
- determinarea repartiției optime a sarcinii între:
  - agregatele unei centrale;
    - între cazane,
    - între turbine,
  - centralele interconectate.

Pentru efectuarea operațiilor indicate, I.R.M.E. pune la dispoziție calculatorul analogic și asistență tehnică pentru rezolvarea acestor probleme. Comenzile se primesc la sediul I.R.M.E. din București, Sectorul 4, str. Doamnei nr. 14

INTREPRINDEREA
ELECTROCENTRALE
BUCUREŞT

Centrala electrică de termoficare Bucureşti-Sud furnizează oraşului Bucureşti energie electrică şi căldură şi sistemului energetic naţional energie electrică la tensiuni de 110 şi 220 kV. CET Bucureşti-Sud livrează căldură sub formă de apă fierbinte consumatorilor casnici şi abur la presiuni de 9 şi 13 ata pentru scopuri tehnologice, fiind în măsură să alimenteze noi consumatori de căldură.
Gradul ridicat de siguranţă în funcţionarea instalaţiilor asigură alimentarea fără întreruperi a cosumatorilor şi respectarea parametrilor nominali.



ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

C2H2
acetilenă

întreprinderea

ENERGOMONTAJ

produce și livrează acetilenă îmbuteliată de bună calitate, de la fabrica proprie, echipată cu utilaj ultramodern, amplasată la șantierul CTE Deva-Mintia.

Cererile se vor adresa la: „Energomontaj"
București, Calea Dorobanților nr. 105,
Serviciul Aprovizionare.

I·E·C

CONSTANȚA

BD. LENIN Nr. 271, CONSTANȚA

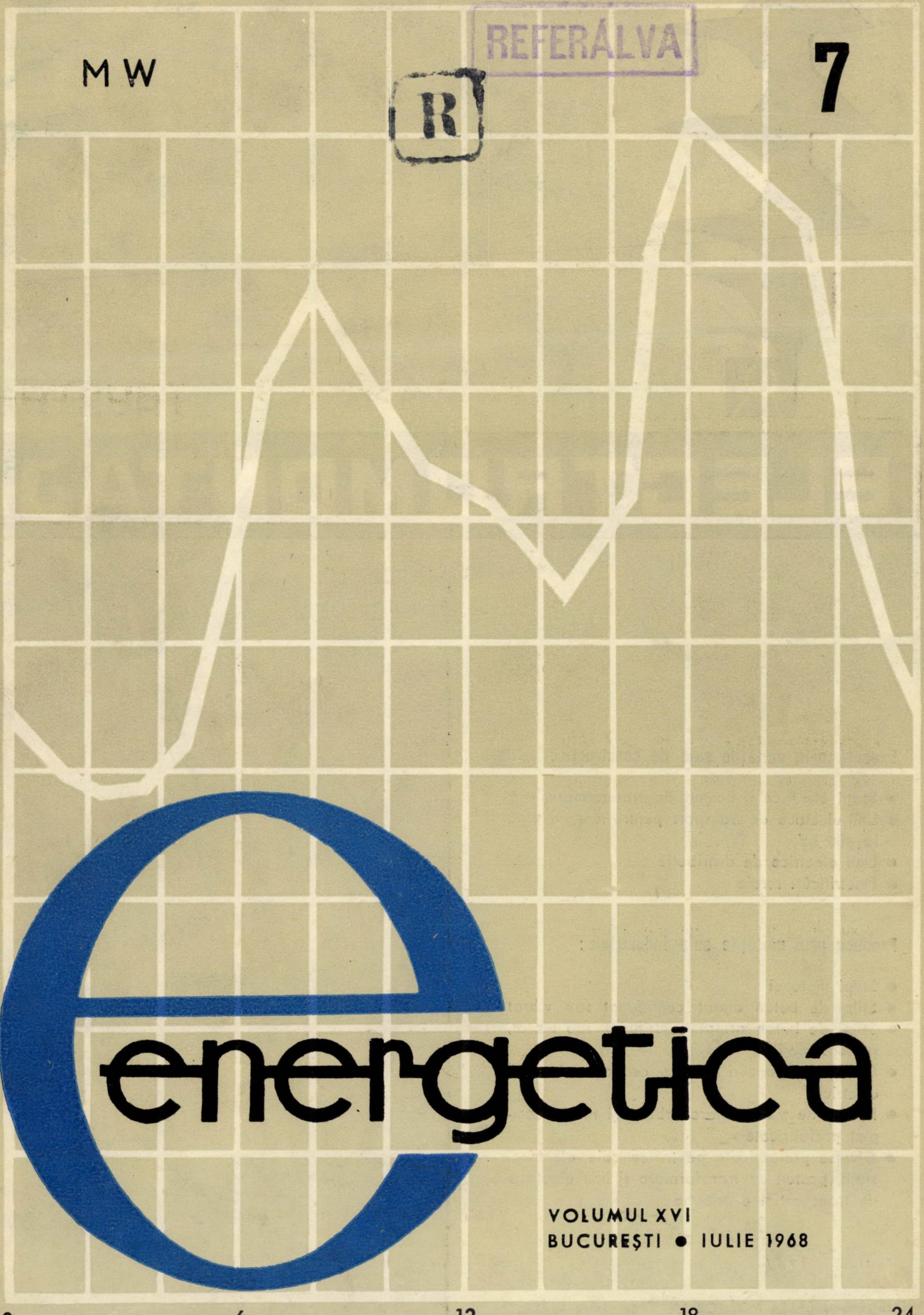
1968 DEC 28

- Prin unitățile sale interconectate la sistemul național, prin linii de 110 kV, întreprinderea asigură :
- alimentarea cu energie electrică a Dobrogei;
- alimentarea cu energie termică a stațiunii internaționale Mamaia, a fabricii „Munca-Pepsi-Cola" și a altor consumatori industriali din zonă. Are în execuție noua centrală Palas, care va asigura energia termică pentru termoficarea orașului Constanța, pentru zona industrială a orașului și va furniza energia electrică în sistemul energetic național.
- Pregătește cadre pentru sistemul energetic.

E 2039

REFERÁLVA

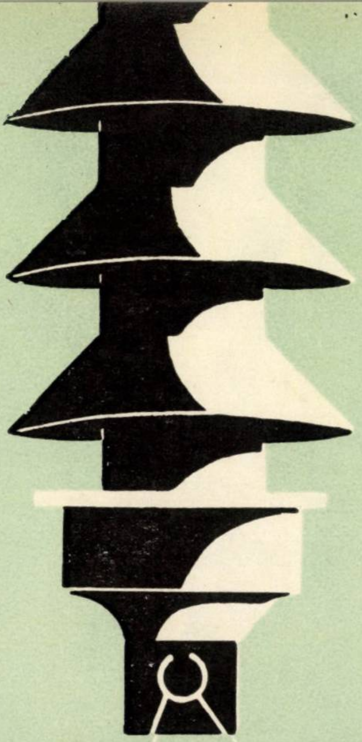
R


MW
0
6
12
18
24

7

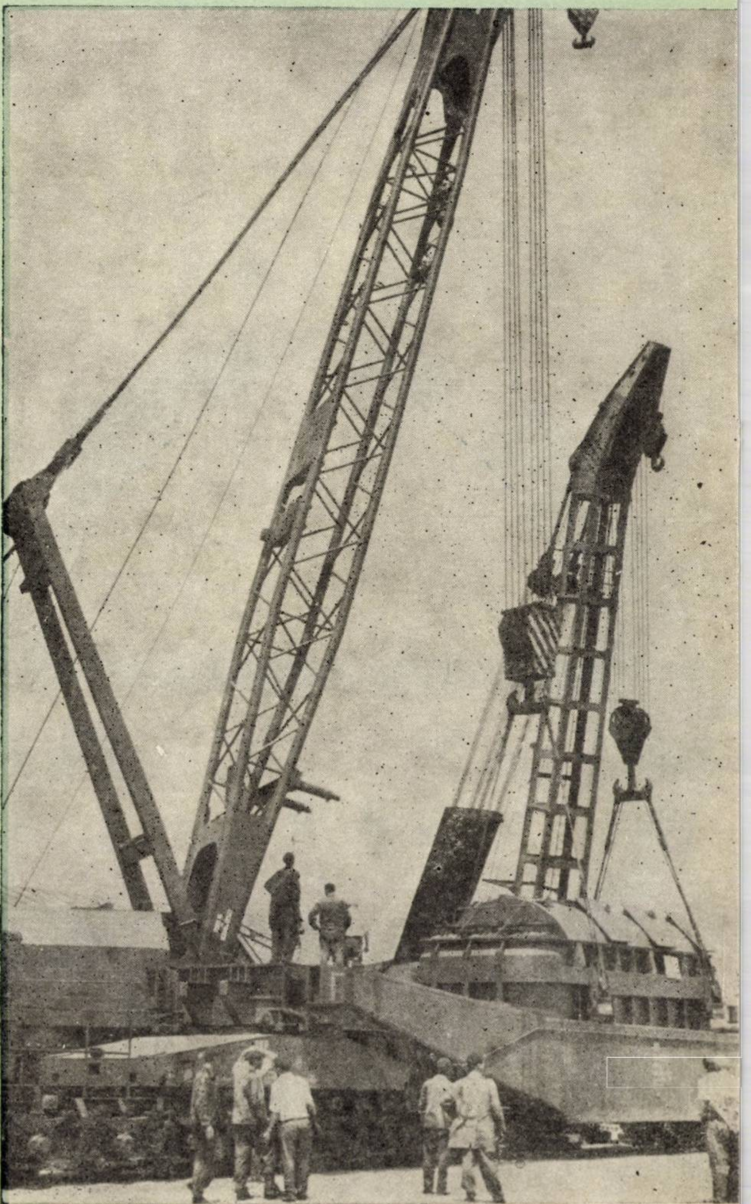
energetica

VOLUMUL XVI
BUCUREȘTI • IULIE 1968



TRUSTUL

ELECTROMONTAJ



Execută prin unitățile sale de construcții:

- Stații electrice și posturi de transformare
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuție
- Electrificări rurale

Produce prin unitățile sale industriale:

- Stîlpi metalici
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionați
- Celule și panouri pentru centrale și stații electrice
- Posturi de transformare urbane și rurale complet prefabricate
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, stații, posturi de transformare și linii electrice de transport și distribuție

BUCUREȘTI, CALEA MOȘILOR 158 TELEFON 16.63.30

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1968

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 16 nr. 7 IULIE

Cuprinsul

Număr special dedicat Simpozionului asupra problemelor privind alimentarea cu căldură şi energie electrică a marilor complexe industriale (Bucureşti, 20–22 mai 1968), organizat sub auspiciile Comisiei Economice pentru Europa a O.N.U

Emil Drăgănescu	**Salutul adus participanţilor la simpozion**	289
* * *	**Cronica desfăşurării lucrărilor**	290
Adrian Georgescu	**Cuvînt introductiv**	291–292
CUVÎNTĂRI ÎN ŞEDINŢA DE DESCHIDERE		
Remus Răduleţ,	**în numele Academiei Republicii Socialiste România şi al Consiliului Naţional al Cercetării Ştiinţifice**	292–293
Constantin Dinculescu,	**în numele Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor şi al Institutului politehnic Bucureşti**	293
Pierre Sevette,	**în numele Comisiei Economice pentru Europa a O.N.U.**	294–295
CONFERINŢA DE DESCHIDERE		
I. D. Stăncescu :	**Incidenţe energetice ale concentrării industriale**	296–299
RAPOARTELE GENERALE		
Toma Comănescu :	**Grupa A. Nevoile şi caracteristicile cererii de căldură şi de energie electrică a marilor consumatori industriali**	300–303
I. D. Stăncescu :	**Grupa B. Diferite concepţii în rezolvarea problemei alimentării cu căldură şi energie electrică a marilor ansambluri industriale**	304–309
A. Schwefelberg :	**Grupa C. Planificarea de ansamblu, probleme financiare şi tarifare**	309–312
CUVÎNTĂRI ROSTITE LA ŞEDINŢA DE ÎNCHIDERE		
Joseph Vlach (R. S. Cehoslovacă)		312
Henri Balériaux (Belgia)		312–313
Adrian Georgescu, adjunct al ministrului energiei electrice		313–315
Pierre Sevette	**Declaraţia făcută presei în ziua de 21 mai 1968**	316
REZUMATELE RAPOARTELOR PREZENTATE LA SIMPOZION		316–334

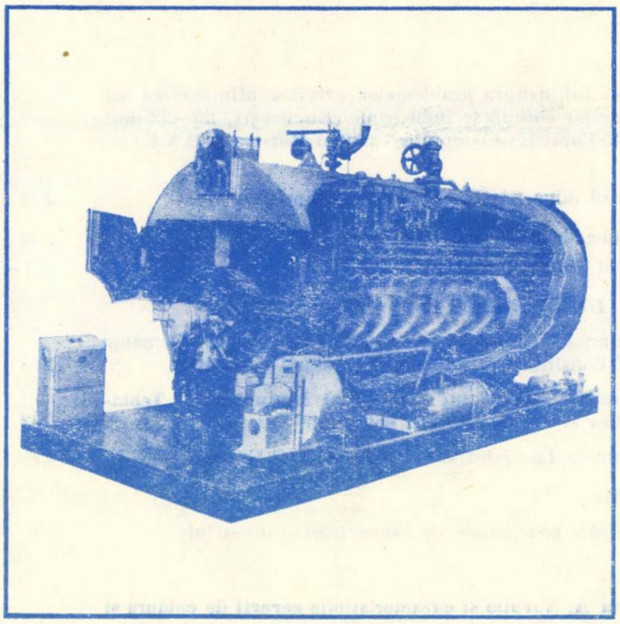
COMITETUL DE REDACŢIE

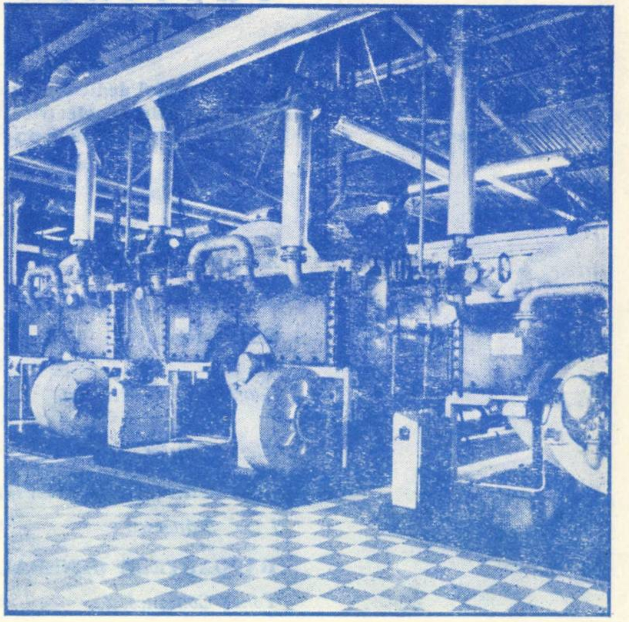
Prof. ing. I. D. STANCESCU, redactor responsabil, ing. G. IORGULESCU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, ing. ST. BERENGHI, conf. ing. A. COGĂLNICEANU, conf. ing. E. CONSTANTINESCU, ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, laureat al Premiului de Stat, ing. H. FURTUNESCU, ing. L. LUCA, ing. B. MARCU, ing. A. MĂCRIŞ, conf. ing. C. MIHĂILEANU, conf. ing. V. NIŢU, ing. A. SPINU

OFICIUL DE DOCUMENTARE ŞI PUBLICAŢII TEHNICE
AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE

Cazane de constructie compactă

STANDARD-CONDOR-KESSEL





Cazan cu trei drumuri de gaze, combinat cu tub de flacără și țevi de fum, echipat cu o cameră de întoarcere a gazelor de ardere, răcită cu apă, fără zidărie, montat pe un cadru. Pregătit pentru intrarea în funcțiune, cu toate instalațiile necesare unei funcționări complet automate. Instalația de ardere este construită pentru arderea păcurii, gazelor sau arderea combinată a păcurii și a gazelor. Reglajul arderii se face în trepte sau continuu, cu adaptare exactă la debitul momentan al cazanului. Funcționarea cazanului este asigurată printr-un sistem electronic împotriva oricăror deranjamente posibile. Printr-o funcționare de probă făcută în fabrică, cazanul este reglat pentru debitul efectiv. Cazanul se montează fără fundație. După ce s-au racordat conductele de combustibil, de apă, de abur și instalația electrică, cazanul este în stare de funcționare.

STANDARD-CONDORKESSEL (cazanele Condor-standard) s-au verificat în toate domeniile termoenergeticii și electroenergeticii. Ele se utilizează la presiuni înalte pentru producerea de abur saturat și supraîncălzit, la joasă presiune și pentru apă supraîncălzită. Există peste 30 de mărimi de cazane cu debite de abur de la 160 kg/h la 20 t/h. Presiunea atinge 25 kgf/cm², în funcție de mărimea cazanului. Pentru valori mai mari, producem STANDARD-PORTAKESSEL (cazane Porta-standard), cazane acvatubulare de construcție compactă.

STANDARDKESSEL DUISBURG

SKG STANDARD

R. F. a Germaniei

41 Duisburg
Wilhelmshöhe
☎ 02131 / 3 43 41
0855 650

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

СОДЕРЖАНИЕ

Специальный номер, посвященный Симпозиуму по вопросам снабжения теплом и элетроэнергией крупных промышленных комплексов, организованному под руководством Европейской Экономической Комиссии — ООН (Бухарест, 20—22 мая 1968 г.)

Эмил Дрэгэнеску — Министр Электроэнергии: **привет участникам симпозиума от имени Правительства Социалистической Республики Румыния** стр. 289

ХРОНИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ стр. 290

Вступительная речь Заместителя Министра Электроэнергии *Адриана Жеоржеску*, Вицепредседатель Комитета по Электроэнергии Европейской Экономической Комиссии ООН. стр. 291–292

РЕЧИ ПО СЛУЧАЮ ОТКРЫТИЯ СИМПОЗИУМА

Ремус Рэдулец, **от имени Академии Социалистической Республики Румыния и Национального Совета по научному исследованию** стр. 292–293

Константин Динкулеску, **от имени Национального Совета инженеров и техников Политехнического Института Бухарест** стр. 293

Пьерр Севетт, **от имени Европейской Экономической Комиссии-ООН** стр. 294–295

КОНФЕРЕНЦИЯ ПО СЛУЧАЮ ОТКРЫТИЯ СИМПОЗИУМА

И. Д. Стэнеску: **Энергетические инцидентности промышленной концентрации.** стр. 296–299

ОБЩИЕ ДОКЛАДЫ

Тома Комэнеску: Группа А—**Потребность и характеристики запросов тепла и электроэнергии больших промышленных комплексов.** стр. 300–303

И. Д. Стэнеску: Группа Б—**Различные мнения по решению вопросов снабжения теплом и электроэнергией крупных промышленных комплексов.** стр. 304–309

Анатоль Швефельберг: Группа С—**Общее планирование, финансовые и тарифные вопросы** стр. 309–312

РЕЧИ ПО ЗАКРЫТИЮ СИМПОЗИУМА

Иосеф Влах (ЧССР) стр. 312

Анри Балерио (Бельгия) стр. 312–313

Адриан Жеоржеску (Румыния) стр. 313–315

РЕЗУМЕ ДОКЛАДОВ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ НА СИМПОЗИУМЕ стр. 316–334

INHALTSVERZEICHNIS

Sonderheft anlässlich des unter der Schirmherrschaft der Wirtschaftskommission der Vereinigten Nationen für Europa organisierten Symposiums über Fragen der Versorgung mit Wärme und elektrischer Energie grosser Industriekomplexe, Bukarest 20.–22. Mai 1968

Emil Drăgănescu, Minister für elektrische Energie: **Begrüssungsrede im Namen der Regierung der Sozialistischen Republik Rumänien** S. 289

CHRONIK DES SYMPOSIUMS S. 290

Adrian Georgescu, Stellvertreter des Ministers für Elektrische Energie, Vizepräsident der Komittees für elektrische Energie der Wirtschaftskomission der Vereigniten Nationen für Europa: **Eröffnungsansprache** S. 291–292

BEGRÜSSUNGSREDEN

Remus Răduleț, **im Namen der Akademie der Sozialistischen Republik Rumänien und der Nationalen Rats für wissenschaftliche Forschung** S. 292–293

Constantin Dinculescu, **im Namen der Nationalen Rats der Ingenieure und Techniker und des Polytechnischen Instituts Bukarest** S. 293

Pierre Sevette, **im Namen der Wirtschaftskomission für Europa der Vereigniten Nationen** S. 294–295

ERRÖFFNUNGS-BERICHT

Ioan D. Stăncescu: **Energiewirtschaftliche Begleiterscheinungen industrieller Konzentration** S. 296–299

GENERALBERICHTE

T. Comănescu: Gruppe A — **Mengen und Merkmale der Anforderungen an Wärme und elektrischer Energie grosser Industriekomplexe** S. 300–303

I. D. Stăncescu: Gruppe B — **Verschiedene Auffassungen bei Lösung von Fragen im Zusammenhang mit der Versorgung grosser Industriekomplexe mit Wärme und elektrischer Energie** S. 304–309

A. Schwefelberg: Gruppe C — **Gesamtplanung, finanzielle und Tariffragen** S. 309–312

REDEN DER SCHLUSSSITZUNG

Joseph Vlach (S.R.C.S.) S. 312

Henri Balériaux (Belgien) S. 312–313

Adrian Georgescu (Rumänien) S. 313–315

KURZE INHALTANGABEN DER BERICHTE S. 316–334

SOMMAIRE

Numéro spécial dédié au Symposium sur les problèmes posés par l'approvisionnement en énergie électrique et en chaleur des grands complexes industriels (Bucarest, 20—22 Mai 1968)

Emile Drăgănescu, Ministre de l'Energie Electrique : **Discours prononcé au nom du Gouvernement de la République Socialiste de Roumanie** p. 289

COMPTE-RENDU DES TRAVAUX p. 290

Adrian Georgescu, Ministre adjoint de l'Energie Electrique, Vice-président du Comité de l'Energie Electrique de la Commission Economique pour l'Europe de l'O.N.U. : **Discours d'introduction** p. 291—292

DISCOURS PRONONCES A LA SEANCE D'OUVERTURE DES TRAVAUX

Remus Răduleț, **au nom de l'Académie de la République Socialiste de Roumanie** p. 292—293

Constantin Dinculescu, **au nom du Conseil National des Ingénieurs et des Techniciens et au nom de l'Institut Polytechnique de Bucarest** p. 293

Pierre Sevette, **au nom de la Commission Economique pour l'Europe de l'O.N.U.** p. 294—295

CONFERENCE D'OUVERTURE

Ioan D. Stăncescu : **Incidences énergetiques de la concentration industrielle** p. 296—299

RAPPORTS GENERAUX

T. Comănescu : Groupe A — **Besoins et caractéristiques de la demande en chaleur et en énergie électrique des grands ensembles industriels** p. 300—303

I. D. Stăncescu : Groupe B — **Différentes conceptions pour résoudre le problème d'approvisionnement en chaleur et en énergie électrique des grands ensembles industriels** p. 304—309

A. Schwefelberg : Groupe C — **Planification d'ensemble, questions financières et tarifaires** p. 309—312

DISCOURS PRONONCES A LA SEANCE DE CLOTURE DES TRAVAUX

Joseph Vlach (Tchécoslovaquie) p. 312

Henri Balériaux (Belgique) p. 312—313

Adrian Georgescu (Roumanie) p. 313—315

RESUMES DES RAPPORTS p. 316—334

CONTENTS

Special issue dedicated to the Symposium on the problem of electricity and heat supply for large industrial complexes (Bucharest, May 20—22, 1968)

Emile Drăgănescu, Minister of Electric Power : **Address delivered in the name of the Government of the Socialist Republic of Romania** p. 289

REPORT ON THE WORK OF THE SYMPOSIUM p. 290

Adrian Georgescu, Vice-Minister of Electric Power, Vice-President of the Electric Power Commitee — UN Economic Commission for Europe : **Introductory speech** p. 291—292

ADDRESSES DELIVERED AT THE OPENING SESSION

Remus Răduleț, **for the Academy of the Socialist Republic of Romania** p. 292—293

Constantin Dinculescu, **for the National Council of Engineers and Technicians and for the Polytechnic Institute of Bucharest** p. 293

Pierre Sevette, **for the U.N. European Economic Commission** p. 294—295

OPENING SPEECH

Ioan D. Stăncescu : **Energetic incidences of industrial concentration** p. 296—299

GENERAL REPORTS

T. Comănescu : Group A — **Extent and characteristics of the demand for heat and electricity of large industrial complexes** p. 300—303

I. D. Stăncescu : Group B — **Various ideas for solving the problem of supplying large industrial complexes with heat and energy** p. 304—309

A. Schwefelberg : Group C — **Overall planning, financing and tariffs** p. 309—312

ADDRESSES AT THE CLOSING SESSION

Joseph Vlach (Czechoslovakia) p. 312

Henri Balériaux (Belgium) p. 312—313

Adrian Georgescu (Romania) p. 313—315

SUMMARIES OF THE PAPERS PRESENTED p. 316—334

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1983

Emil Drăgănescu, ministrul energiei electrice: Salut adus participanților la simpozion

Doamnelor și domnilor, stimați oaspeți,

Permiteți-mi ca, în numele Guvernului român, să vă urez bun-venit și să vă mulțumesc de a fi răspuns invitației țării noastre.

Republica Socialistă România acordă un interes deosebit activității Comitetului Energiei Electrice și a organelor sale subsidiare din cadrul Comisiei Economice pentru Europa a Organizației Națiunilor Unite, dat fiind rolul important al energiei electrice în dezvoltarea rapidă a economiei noastre naționale.

Simpozionul de la București, la care dumneavoastră veți dezbate probleme de o deosebită actualitate, privind alimentarea cu energie electrică și cu căldură a marilor complexe industriale, este o expresie concretă a acestui interes.

Prezența la lucrările simpozionului a numeroase personalități marcante din domeniul energiei electrice și al economiei onorează țara noastră. In același timp constituie o dovadă de simpatie și de apreciere a eforturilor României în promovarea unei politici de pace și de colaborare în toate domeniile și cu toate țările lumii, indiferent de concepțiile politice și de orînduirile lor sociale, politică bazată pe respectul reciproc între popoare.

Sper că Dumneavoastră și persoanele care vă însoțesc, veți păstra o amintire plăcută a șederii Dumneavoastră în țara noastră, ședere care, fără îndoială, va ocaziona prietenii noi și trainice.

Permiteți-mi ca, în încheierea cuvîntului meu de salut, să urez succes deplin lucrărilor simpozionului.

——o——

Cronica desfășurării Simpozionului asupra problemelor privind alimentarea cu căldură și energie electrică a marilor complexe industriale (București, 20—22 mai 1968)

În perioada 20—22 mai 1968 a avut loc la București, la invitația Guvernului român, un simpozion asupra problemelor privind alimentarea cu căldură și cu energie electrică a marilor complexe industriale, organizat sub auspiciile Comitetului Energiei Electrice al Comisiei Economice pentru Europa a Organizației Națiunilor Unite.

La lucrările simpozionului au participat peste 130 de specialiști străini, reprezentînd 21 de țări, precum și aproximativ 200 de specialiști români. Au luat parte, de asemenea, reprezentanți a cinci organizații internaționale. Au fost elaborate 68 de rapoarte de către specialiști din 13 țări și ai unei organizații internaționale. Țara noastră a fost reprezentată prin 15 rapoarte.

Rapoartele au fost grupate și discutate în cadrul a trei secții :

A. *Necesarul și caracteristicile cererilor de căldură și de energie electrică ale marilor complexe.*

B. *Diferite concepții în rezolvarea problemelor legate de alimentarea cu căldură și energie electrică a marilor complexe industriale.*

C. *Planificarea de ansamblu, probleme financiare și tarifare.*

Pentru fiecare din cele trei grupe de rapoarte a fost întocmit, de cîte un raportor român, un raport de sinteză.

Lucrările simpozionului, care au avut loc în sala mică a Palatului R.S. România, au fost deschise luni 20 mai 1968 dimineața, printr-o ședință festivă, de ing. Adrian Georgescu, adjunct al ministrului energiei electrice, care după ce a urat bun-venit participanților, a dat cuvîntul ministrului energiei electrice, Emil Drăgănescu, care a rostit un mesaj de salut din partea guvernului țării noastre, adresat participanților la simpozion. Au vorbit apoi :

— Academician Remus Răduleț, care, în numele Academiei Republicii Socialiste România și al Consiliului Național al Cercetării Științifice, a urat bun-venit participanților la simpozion.

— Rector Constantin Dinculescu, care, din partea Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor și a Institutului politehnic București, și-a exprimat deosebita satisfacție pentru organizarea acestui simpozion.

— Pierre Sevette, care a exprimat, în numele Comisiei Economice pentru Energie a Organizației Națiunilor Unite, mulțumiri Guvernului Republicii Socialiste România și ministrului energiei electrice pentru inițiativa luată de a organiza simpozionul.

A urmat apoi conferința de deschidere ținută de prof. ing. Ioan D. Stăncescu, cu subiectul : incidențe energetice ale concentrării industriale.

Prima ședință de lucru a avut loc în după-amiaza zilei de 20 mai, în cursul căreia au fost discutate probleme din cadrul Grupei A de rapoarte. Raportul general al acestei secții a fost prezentat de ing. Toma Comănescu, director general în Ministerul Industriei Chimice. Rapoartele cuprinse în grupa B, al cărei raportor general a fost prof. ing. Ioan D. Stăncescu, au fost discutate în cursul zilei a doua a simpozionului. În ziua a treia a simpozionului au avut loc discuții asupra rapoartelor din grupa C, al cărei raportor general a fost ing. Anatol Schwefelberg, directorul Direcției electrificării din Ministerul Energiei Electrice.

În cursul discuțiilor au avut loc peste 60 de intervenții din partea reprezentanților a 15 țări. Concluziile privind dezbaterile ce au avut loc în ședințele de lucru au fost trase de prof. ing. Ioan D. Stăncescu.

În după-amiaza zilei de 22 mai 1968 a avut loc ședința de închidere a simpozionului. În cadrul acestei ședințe au vorbit : Joseph Vlach (R. S. Cehoslovacă) și Henri Balériaux (Belgia). În încheiere a luat cuvîntul ing. Adrian Georgescu, adjunct al ministrului energiei electrice, care a tras concluziile generale desprinse din rapoartele elaborate și din intervențiile făcute în cursul discuțiilor și a exprimat, în numele ministerului organizator al simpozionului, mulțumiri tuturor acelora care, prin străduințele lor, au contribuit la succesul reuniunii.

După simpozion, participanții străini au avut posibilitatea să viziteze o serie de obiective energetice importante și centre turistice din România.

Cuvîntările și rapoartele citate sînt publicate în paginile următoare.

Cuvîntul de deschidere a simpozionului rostit la 20 mai 1968 de Adrian Georgescu, adjunct al ministrului energiei electrice și conducător al delegației române la Comitetul pentru Energie Electrică al Comisiei Economice pentru Europa a Organizației Națiunilor Unite

Domnule ministru,
doamnelor, domnișoarelor, domnilor,

Înainte de a da cuvîntul personalităților prezente care vor vorbi în cursul acestei ședințe de deschidere, am onoarea, în calitate de conducător al delegației române la Comitetul de Energie Electrică, să vă adresez tuturor un călduros bun-venit la București și să vă exprim urările noastre ca vizita dv. în București să fie rodnică și plăcută.

Salut prezența la această masă a domnilor :

— Emil Drăgănescu, ministrul energiei electrice,

— Ion Avram, prim adjunct al ministrului industriei construcțiilor de mașini,

— Vasile Gliga, adjunct al ministrului afacerilor externe,

— Pierre Sevette, director al Diviziei de Energie din Comisia Economică pentru Europa,

— Gustaaf van Rhyn, șef de secție în aceeași divizie,

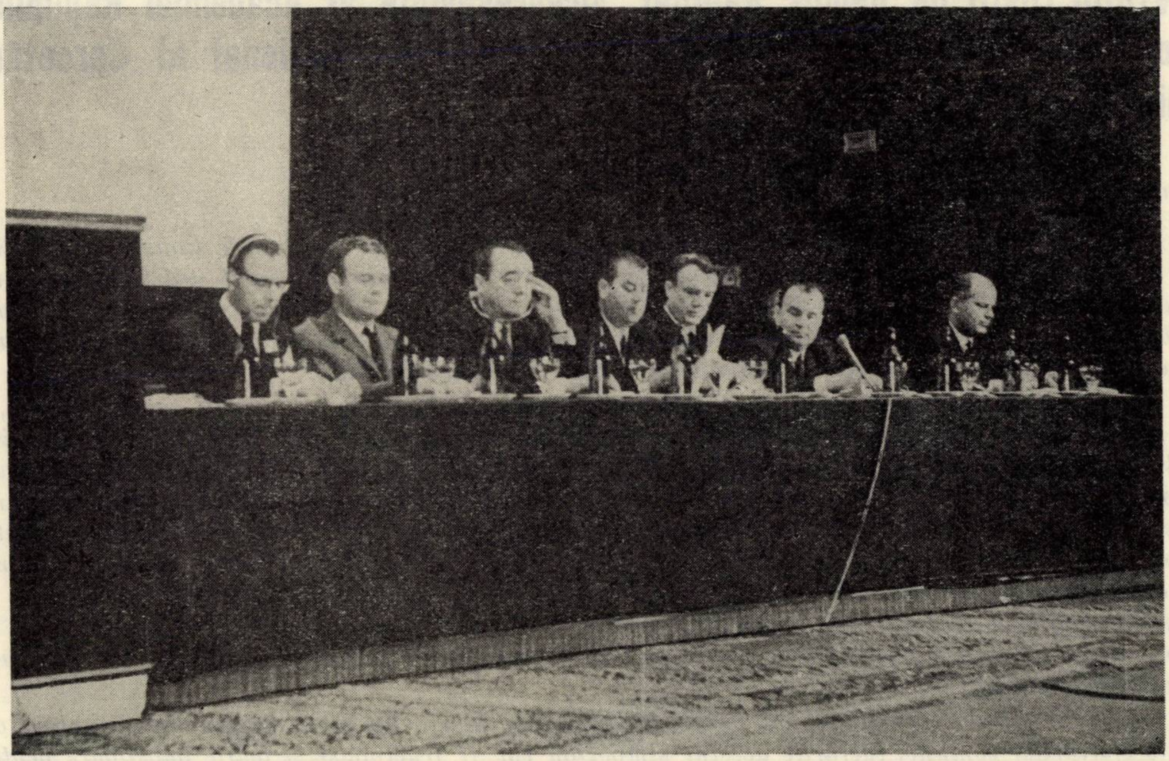
— Remus Răduleț, vicepreședinte al Academiei R. S. România și vicepreședinte al Consiliului Național al Cercetării Științifice,

— Constantin Dinculescu, membru corespondent al Academiei R. S. România, președinte al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor și rector al Institutului politehnic București,

— Nicolae Vulcan, secretar general al Ministerului Industriei Chimice.

Salut, de asemenea, prezența printre noi a mai multor personalități marcante, precum și a unui număr însemnat de experți ai industriei și ai științei.

Tema generală a simpozionului, pe care România îl organizează în strînsă cooperare cu Comitetul energiei electrice al Comisiei Economice pentru Europa, a trezit interesul exper-



ţilor care lucrează atît în domeniul energiei electrice, precum şi în acela al construcţiei echipamentelor electrice, termice şi nucleare.

Rapoartele prezentate, într-un număr relativ important, tratează o gamă foarte largă de subiecte, mergînd de la studiul metodelor de prevedere a nevoilor în energie ale consumatorilor industriali, pînă la studiul politicilor tarifare şi al relaţiilor între producţia şi consumul de energie.

Doresc să exprim mulţumirile noastre deosebite tuturor autorilor de rapoarte ale căror contribuţii, puse una lîngă alta, oferă astăzi răspunsuri atît de competente diferitelor probleme puse.

Dacă în unele cazuri se desprind, din rapoarte, puncte de vedere diferite asupra aceluiaşi subiect, trebuie să sperăm că dezbaterile noastre vor fi cu atît mai interesante.

Sarcinile experţilor noştri în acest domeniu se măresc paralel cu dezvoltarea rapidă a industriei.

Puternica concentrare a acesteia ne impune uneori schimbări importante ale metodelor de calcul folosite, iar tehnologiile întrebuinţate în diferite ramuri industriale evoluează şi exigenţele acestora faţă de furnitura de căldură şi energie electrică cresc mereu. Pe de altă parte, condiţiile şi restricţiile care se impun implantării industriilor şi uzinelor destinate să le aprovizioneze cu curent şi căldură sînt în continuă creştere.

În soluţionarea acestor probleme, schimbul de vederi şi confruntarea opiniilor la scară internaţională constituie o formă de cooperare tehnică şi ştiinţifică de o mare utilitate. Noi sîntem bucuroşi să putem aduce contribuţia energeticienilor români, care se înscrie în cadrul eforturilor constante pe care le desfăşoară România pentru intensificarea cooperării ştiinţifice şi tehnice între toate ţările lumii.

Mulţumirile noastre se adresează, de asemenea, secretariatului C.E.E. a O.N.U. şi dumneavoastră tuturor, care ne onoraţi prin participarea la lucrările simpozionului.

o

Cuvîntul rostit de Remus Răduleţ, vicepreşedinte al Academiei Republicii Socialiste România, vicepreşedinte al Consiliului Naţional al Cercetării Ştiinţifice

Doamnelor şi domnilor,

În numele Academiei Republicii Socialiste România şi în numele Consiliului Naţional al Cercetării Ştiinţifice, am onoarea şi plăcerea de a adresa cele mai bune urări de bun-venit tuturor specialiştilor care s-au întrunit aici spre a participa la lucrările simpozionului, asupra problemelor puse de aprovizionarea cu căldură şi energie electrică a marilor complexe industriale, organizat sub auspiciile Comisiei Economice a O.N.U. pentru Europa.

Academia ţării noastre, care este o organizaţie de lucru şi nu numai de consacrare, a întemeiat încă la reorganizarea ei după ultimul război mondial un institut de cercetare privind exclusiv problemele de energetică. Importanţa crescătoare a energiei pentru toate activităţile umane şi problemele tot mai complexe ale orientării şi coordonării cercetărilor noastre în acest domeniu, care s-au dezvoltat de atunci încoace la Ministerul Energiei Electrice, la Academie şi în învăţămîntul tehnic superior, au determinat Consiliul nostru al Cercetării Ştiinţifice să creeze, de la înfiinţarea sa, o comisie specială care se ocupă de orientarea problemelor de cercetare ridicate de activitatea în domeniile geologiei, industriilor extractive şi energeticii. Ca lucrător în Institutul de energetică şi în Comisia amintită nu mă pot opri de a-mi exprima via satisfacţie de a vedea la noi această reuniune de experţi eminenţi.

Consiliul Naţional al Cercetării Ştiinţifice şi Academia ţării noastre sînt convinse că, graţie eforturilor comune, lucrările acestui simpozion vor fi fructuoase şi foarte folositoare pentru *dezvoltarea domeniului de care se ocupă și a cărui importanță sporește pentru toți, pe măsură ce se dezvoltă activitatea lor industrială.*

Dorința celor două organisme naționale este ca metode asemănătoare cu cele pe care le aplică specialiștii spre a realiza o înțelegere în probleme specific tehnice — cum sînt cele de care ne vom ocupa în aceste zile — să găsească o extensie la probleme de înțelegere între popoare, în tr-un număr cît mai mare de domenii de activități umane. Ele speră că, din scurta lor prezență printre noi, experții străini vor păstra amintiri plăcute despre poporul român, angajat în munca de ridicare a nivelului său de trai, precum și despre țara noastră.

Însuflețite de aceste gînduri și sentimente, Academia Republicii Socialiste România și Consiliul Național al Cercetării Științifice urează participanților la simpozion deplin succes în desfășurarea lucrărilor lor.

o

Cuvîntul rostit de Constantin Dinculescu, președintele Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor, rectorul Institutului politehnic București

Stimate domnule director,
doamnelor și domnilor,
stimați tovarăși,

Din partea Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor și a Institutului politehnic București aduc un călduros salut participanților la această reuniune și exprim deosebita satisfacție pentru organizarea de către Comisia Economică O.N.U. pentru Europa, la București, a simpozionului „Alimentarea cu căldură și energie electrică a marilor consumatori".

Această manifestare de prestigiu, cu un program extrem de interesant și actual, a trezit un mare interes în rîndul specialiștilor energeticieni din țara noastră.

Participanți activi la amplul proces de dezvoltare industrială a țării, energeticienii români au avut și au de rezolvat importante și complexe probleme pentru alimentarea marilor combinate și unități industriale cu energie electrică și căldură. Putem afirma cu deosebită satisfacție și mîndrie că, printr-o strînsă colaborare între oamenii de știință, specialiști, ingineri, tehnicieni și muncitori care lucrează în sectorul energetic, s-a rezolvat cu succes și la un ridicat nivel tehnic construcția de centrale electrice de puteri mari și cu parametri superiori, s-a dezvoltat sistemul electroenergetic național și s-a mărit rețeaua de termoficare.

Dacă ne-am referi numai la montarea grupurilor de 315 MW de la centrala electrică de termoficare Craiova, la instalarea grupurilor de 50 și 100 MW de termoficare de la centrala electrică București-Sud, sau la dezvoltarea sistemului electroenergetic prin noi rețele de 220 și 400 kV, avem o imagine a eforturilor mari care se fac în țara noastră în sectorul energetic, dar și a preocupărilor de a folosi concepțiile și soluțiile cele mai moderne care să satisfacă exigențele marilor consumatori de energie electrică și căldură.

Specialiștii și lucrătorii români din sectorul energetic au fost și sînt foarte receptivi la noutățile de ordin teoretic, tehnic, tehnologic și economic din domeniul lor de preocupări și de aceea așteaptă cu mult interes lucrările simpozionului de față, în cadrul căruia vor participa activ la schimbul de informații și de păreri ce va avea loc.

Din lucrările simpozionului, cercetătorii și specialiștii energeticieni români vor reține idei și păreri în unele probleme care îi preocupă în momentul de față, cum sînt : optimizarea structurii instalațiilor energetice, dezvoltarea rețelelor de termoficare prin adoptarea soluțiilor celor mai economice, optimizarea condițiilor de siguranță în exploatare și altele.

Exprimîndu-și interesul deosebit pentru lucrările simpozionului, Consiliul Național al Inginerilor și Tehnicienilor și Institutul politehnic București se vor preocupa să contribuie la valorificarea concluziilor și recomandărilor ce se vor desprinde, organizînd, cu Ministerul Energiei Electrice, acțiuni comune în acest scop.

Consiliul Național al Inginerilor și Tehnicienilor și Institutul politehnic București felicită Comisia Economică O.N.U. pentru Europa pentru organizarea acestei importante reuniuni internaționale de specialitate, care, pe lîngă încheierile ce le va trage în legătură cu tema simpozionului, va contribui totodată la întărirea legăturilor și dezvoltarea contactelor de specialitate și prietenești între energeticienii din toate țările Europei.

Urez, din toată inima, succes deplin lucrărilor simpozionului.

Discursul rostit de Pierre Sevette, director al Diviziei de Energie din Comisia Economică pentru Europa a Organizației Națiunilor Unite

Domnule ministru, domnilor miniștri adjuncți, doamnelor, domnilor,

Permiteți-mi, în primul rînd, să adresez, în numele Comisiei Economice pentru Europa a Organizației Națiunilor Unite, cele mai sincere mulțumiri guvernului Republicii Socialiste România, și anume prin intermediul dv., domnule ministru, pentru a fi luat inițiativa de a organiza la București acest simpozion, destinat să examineze problemele pe care le pune alimentarea cu căldură și energie electrică a marilor complexe industriale. Aș vrea să folosesc această ocazie pentru a sublinia, în mod ceva mai general, rolul deosebit de important pe care îl joacă România în activitatea Comisiei Economice pentru Europa a Națiunilor Unite, activitate ce se manifestă în primul rînd prin participarea unui număr foarte mare de experți calificați, care asistă în mod regulat la reuniunile noastre, care nu numai că ne fac să beneficiem de marea lor experiență, dar în același timp formulează propuneri concrete și constructive. Îmi veți permite să dau ca exemplu participarea prietenului meu, domnul ministru Georgescu, care de mulți ani este credincios Palatului Națiunilor Unite. El este mai ales cel care a fost promotorul grupului de lucru pentru studiul centralelor termoelectrice și, ceea ce nu a fost ușor la început, l-a prezidat timp de mulți ani. El este acum vicepreședintele Comitetului pentru Energie Electrică și președintele desemnat al acestui comitet.

De asemenea, participarea experților, dar în același timp sprijinul țării dv. la acțiunea noastră, organizînd o serie de colocvii privind subiecte foarte diverse — și nu voi cita decît colocviul organizat acum un an și jumătate sub auspiciile Comitetului nostru al Cărbunelui, pentru examinarea problemelor pe care le pune exploatarea straturilor groase în minele de cărbuni. În luna octombrie a acestui an — pentru a mă limita la domeniul energiei — vom avea tot la București un simpozion privind utilizarea gazelor, și în special a gazelor naturale în industria chimică.

Și ținem ca, în numele secretarului nostru executiv, d-l Stolovnik, să vă spun, domnule ministru, că apreciem toate aceste eforturi la justa lor valoare. Voiam, de asemenea, să mulțumesc celor trei experți ai dv., d-l Comănescu, d-l Stăncescu și d-l Schwefelberg, care au binevoit să accepte sarcina deosebit de delicată și dificilă de a întocmi rapoartele de sinteză a celor trei subiecte care vor face obiectul discuțiilor dv., adică au trebuit nu numai să ia cunoștință în mod aprofundat de cele 68 de rapoarte pe care le-am trimis, de altfel redactate în limbi diferite, scrise de experți posedînd o disciplină intelectuală oarecum diferită, deoarece aparțineau de 20 țări; este vorba, deci, de o muncă importantă, și veți recunoaște împreună cu mine că rapoartele generale, care vă sînt supuse într-o formă destul de concisă, vor fi desigur foarte utile ca bază a lucrărilor dv. și vor simplifica discuțiile. De asemenea, relevăm că un comitet de organizare special a fost însărcinat cu acest simpozion; am putut să o constatăm de la sosire, deoarece, deși era o duminică, care de altfel urma după vizita unui șef de stat, acest comitet acționa cu amabilitate și eficacitate și țin să mulțumesc membrilor săi.

De vreme ce au existat rapoarte generale, au existat rapoarte, și țin în mod special să mulțumesc diferiților autori ai acestor rapoarte. Știu că nu numai la Națiunile Unite, dar și la o serie de organizații internaționale există din ce în ce mai multe reuniuni și experții sînt din ce în ce mai solicitați. Li se cere să scrie documente, să prezinte rapoarte și înțeleg că uneori sînt reticenți. Dar în orice caz, de data aceasta numărul de rapoarte arată interesul suscitat de subiectul pe care îl vom dezbate.

Domnul Georgescu a adresat mulțumirile sale participanților și aș vrea să subliniez mai ales prezența la acest simpozion a reprezentanților Agenției Internaționale pentru Energia Atomică, care, după cum știți, este una dintre instituțiile specializate ale Organizației Națiunilor Unite, precum și prezența reprezentanților organizațiilor guvernamentale sau neguvernamentale. Sînt reprezentate aici Consiliul de Ajutor Economic Reciproc (CAER), Organizația pentru Coordonarea și Dezvoltarea Economică Europeană (O.C.D.E.E.), Comunitățile Economice Europene și, ca organizații neguvernamentale, Uniunea Internațională a Producătorilor și Distribuitorilor de Energie Electrică (U.N.I.P.E.D.E.), ca și Federația Internațională a Producătorilor Autoconsumatori (F.I.P.A.C.E.). Țin în mod special să le mulțumesc că s-au alăturat lucrărilor noastre, căci știu că preocupările noastre, pe un plan mai larg, poate, sînt și ale lor. Putem beneficia de experiența lor și încerca, ceea ce este grija noastră permanentă, să evităm orice dublă folosire, orice suprapunere a activităților noastre pe plan internațional.

Domnule ministru, domnilor, există un număr destul de mare de participanți care asistă pentru prima dată la o reuniune organizată în cadrul comisiei noastre și cred că, printre toate organizațiile internaționale, pe plan european, Comisia Economică pentru Europa a Națiunilor Unite este fără îndoială cea mai puțin cunoscută de marele public, și poate unii dintre dv.

au auzit pentru prima oară vorbindu-se de ea cu ocazia acestui simpozion. De aceea aș vrea întîi să subliniez că comitetul nostru grupează toate țările europene, ale Europei geografice, și că Statele Unite ale Americii sînt, de asemenea, membre cu drepturi depline. Acest caracter pan-european al organizației noastre a făcut ca de la creația sa, adică de 20 de ani, ea să constituie singurul for unde experții țărilor aparținînd unor sisteme economice diferite se regăsesc, pot confrunta experiențele lor. Știm că acum diferența care exista între aceste sisteme economice, cu economie planificată sau cu economie liberă, tinde să dispară din ce în ce mai mult. Economia liberă se sprijină adesea pe planuri, în timp ce economia planificată studiază economia liberă.

Dacă rolul nostru de coordonator al acestor diferite sisteme nu trebuie să diminueze, poate că metodele noastre ar urma să se modifice puțin, pentru a ține seamă de această evoluție a economiei europene, dar comisia noastră va urmări mereu scopul ei, acela de a permite o mai bună înțelegere, o mai bună cooperare între toate țările europene.

Cum se manifestă această acțiune, această cooperare? Ei bine, în primul rînd prin examinarea sistematică economică a situației pe sectoare și pe ansamblul Europei.

Pe sectoare—de exemplu în domeniul energiei electrice, al cărbunelui, al gazelor—în fiecare an comitetele noastre examinează evoluția situației industriilor lor pe plan economic și tendințele lor. Ea se manifestă, de asemenea, prin studii ale pieții și studii care tind să determine rolul viitor al diferitelor forme de energie în Europa. De aceea, în prezent abordăm problema sub unghiul perspectivelor pe termen lung, în special în domeniul energetic, perspective care nu sînt bazate cu necesitate pe o extrapolare a situației din trecut, care nu sînt bazate cu necesitate pe corelațiile clasice, tradiționale între evoluția situației energetice și anumiți indici economici aleși în mod convenabil, dar care sînt bazate mai ales pe metode econometrice recente, ca simularea, etc., calculele noastre putînd fi efectuate acum prin calculatoare electronice.

Nu vreau, desigur, să repet experiența care a fost dobîndită în multe alte foruri internaționale și care constă în stabilirea de pe acum a bilanțurilor energetice pe termen lung pentru Europa. Este vorba de un exercițiu atrăgător pentru un economist, dar trebuie recunoscut, în lumina unei oarecare perspective, că rezultatele unor astfel de studii efectuate în trecut au fost oarecum infirmate de experiență. Pe de altă parte, astfel de studii, astfel de proiecții pe termen lung, pot furniza guvernelor, industriilor un anumit număr de criterii de bază, care să le permită să se orienteze mai bine în alegerea investițiilor lor. Consider că în prezent, dat fiind accelerația progresului tehnic, dat fiind descoperirea de numeroase surse de energie și competiția normală care se stabilește între ele, este absolut necesar să se dispună de astfel de criterii în alegerea investițiilor care revin mai ales guvernelor și industriilor. În primul rînd, studiile economice, în al doilea rînd comisia noastră se străduiește, evident, să promoveze o anumită cooperare între diferitele țări privind cazuri concrete, pentru a rezolva cazuri concrete, pentru a ușura, de exemplu, mișcările de energie peste granițe, pentru a ușura amenajarea fluviilor internaționale, pentru a ușura transportul gazelor prin diferitele țări. Există o serie întreagă de exemple unde recomandări sau convenții au fost adoptate de comitetele noastre și au putut, așa sper, într-o anumită măsură să ușureze schimburile, comerțul între țările europene. Și desigur că, dezvoltînd schimburile de informații și de experiență într-o măsură destul de mare, ne străduim să promovăm această cooperare. Schimburile de informații au loc prin numeroasele reuniuni pe care le avem în general la Geneva numai în domeniul energiei. Avem trei comitete, 22 grupe de experți, care se întrunesc, nu spun în permanență, dar foarte des, și mai ales organizăm din ce în ce mai mult, cum este cazul astăzi, colocvii, pe cît posibil în afara Genevei. Credem, într-adevăr, că, fiind o organizație guvernamentală, putem să asociem la lucrările noastre reprezentanți ai întreprinderilor, ai industriilor naționalizate sau particulare, și acest simpozion, acest tip de colocviu permite tocmai aceste întîlniri între experți guvernamentali și industrii, permite un schimb de păreri liber; permite acest dialog, pentru a relua un cuvînt la modă, pe care fiecare îl caută în toate domeniile. Dialogul care se va stabili în cursul acestui simpozion era desigur necesar; prezența dv., calitatea rapoartelor supuse dezbaterii sînt dovezi suficiente. De altfel, dezvoltarea marilor complexe industriale pune numeroase probleme privind alimentarea cu energie electrică și cu căldură. Pe de altă parte, există un mare număr de alte surse de alimentare și, după cum am spus mai înainte, ele devin din ce în ce mai competitive. Mă scuz că o spun, există și acest factor introdus de o anumită rigiditate a structurii tarifelor de energie electrică, rigiditate care, pentru anumite țări, se datorește unor condiții naționale și, pentru altele, unor reglementări emise de organisme regionale.

În consecință, există mult material pentru reflecție; nu vreau să intru mai departe în detaliu, deoarece d-l Stăncescu vă va face o expunere asupra fondului însuși al acestui simpozion. Sînt sigur că o va face, folosind din plin lunga sa experiență în acest domeniu, precum și pasiunea sa pentru această problemă, deoarece lucrează de mult în acest sector și va încerca să vă convingă, ceea ce desigur va reuși cu ușurință.

Domnule ministru, doamnelor și domnilor, în numele organizației noastre vă adresez mulțumirile noastre și doresc lucrărilor dv. succesul deplin pe care îl merită.

CONFERINŢA DE DESCHIDERE

Incidenţe energetice ale concentrării industriale

Prof. ing. Ioan D. Stăncescu

Fără nici o îndoială, nivelul actual al ştiinţei, tehnicii şi economiei, precum şi al modului de muncă şi de trai nu ar fi fost posibil de atins fără o puternică industrializare şi un consum important de energie. Desigur, au intervenit în această dezvoltare şi mulţi alţi factori, materiali şi spirituali. Dar nu este oare caracteristic şi pentru noi, energeticienii, mereu impresionant a constata că începuturile acestei ere moderne în istoria ştiinţei şi a tehnicii coincid cu primele încercări izbutite de a folosi în forme noi sursele de energie ale naturii? Şi că aceste căutări şi reuşite au fost determinate în cea mai mare parte de presiunea extraordinară a necesităţii primelor industrii, înfiripate ici-colo, de-a lungul unor cursuri de apă, de a se elibera de servitutea geografică a acestor unice surse de energie şi de a se putea amplasa şi dezvolta după considerentele specifice unei optimizări la acea epocă, putînd beneficia oriunde de energie, atît de vital necesară? De asemenea, că, după mai mult de 200 de ani de remarcabile succese, dar şi suficiente încercări nereuşite în istoria industrializării şi a energeticii, gradul de industrializare şi indicatorii consumului de energie au devenit criterii principale de ierarhizare a diferitelor ţări şi regiuni ale lumii pe scara dezvoltării economice.

În orice caz, există o legătură certă între dezvoltarea industriei şi a consumului de energie. Numeroşi cercetători au încercat să o pună în evidenţă, mai ales prin căutarea unor relaţii matematice în raport cu creşterea consumului de energie primară sau de energie electrică. Cele mai reuşite încercări sînt cele de corelare a creşterii consumului total de energie primară sau de energie electrică cu valoarea producţiei industriale globale, deoarece, prin caracterul sintetic al indicatorilor aleşi, se obţine un interesant efect de integrare a acţiunii tuturor factorilor implicaţi. Astfel de relaţii diferă însă de la o ţară la alta, sau pot suferi modificări chiar pentru o aceeaşi ţară în diferite etape de dezvoltare. Dar tocmai aceste diferenţe, mai puţin în forma de bază a relaţiilor, cît a valorii coeficienţilor care intervin, le asigură aspectul caracteristic urmărit.

Legătura, sau, mai bine zis, interacţiunea între industrializare şi energetică a apărut încă de cînd ambele se găseau în stadii de început. Primele formaţii industriale, manufacturile, se semnalează în secolul al XIV-lea în sectorul textil, în care, ca urmare a diviziunii muncii, apar şi primele maşini-unelte. Pentru acţionarea lor nu se dispune însă mult timp, decît de energia hidraulică, pentru care industria îşi face instalaţii proprii de amenajare. Deci prima etapă de dezvoltare energetică-industrială este caracterizată de alimentarea cu energie dintr-o sursă proprie, care impunea amplasamentul industriei, gradul de disponibilitate a energiei şi o alimentare rigidă, datorită sistemelor greoaie de transmitere a energiei mecanice.

A doua etapă a evoluţiei este determinată şi dominată de intervenţia maşinii cu abur, în a doua jumătate a secolului al XVIII-lea. Aceasta poate urmări orice amplasament dorit de industrie şi, datorită posibilităţii fracţionării puterii într-o serie de unităţi adecvate, permite şi o descentralizare a sursei de energie, care însă, ca energie mecanică, îşi păstrează în continuare rigiditatea de distribuţie caracteristică. În lipsa unei posibilităţi de transport la distanţă al energiei, şi în această a doua etapă sursa de energie este proprie industriei respective.

De-abia descoperirea generatorului şi a motorului electric în 1866, precum şi a posibilităţii transformării şi transportului energiei electrice la distanţe mari rezolvă definitiv şi deosebit de elegant asigurarea industriei cu energia de acţionare necesară, indiferent de amplasament, şi cu acele admirabile condiţii de distribuţie şi alimentare fracţionată a celor mai specializate puncte de consum, care au făcut din electrificare cea mai importantă direcţie de dezvoltare a energeticii, atît în industrie, cît şi în general. Tot în această etapă se situează apariţia motorului cu ardere internă, cu gaze, cu explozie sau Diesel, care, preţios pentru industrii mici şi izolate, nu schimbă însă esenţial condiţiile de alimentare cu energie.

Acoperirea necesităţilor industriale de căldură a avut în tot acest răstimp o evoluţie paralelă. Într-o primă fază, căldura, indiferent de nivelul temperaturii la care era cerută, se obţinea direct din arderea combustibililor, multă vreme lemn sau cărbune de lemn, apoi cărbuni şi de-abia spre sfîrşitul secolului trecut combustibili lichizi sau gazoşi. O dată cu apariţia maşinii cu abur, o serie de procese industriale de medie sau joasă temperatură folosesc abur ca agent termic, fie livrat direct din cazane, fie evacuat din maşini de forţă.

În orice caz, dezvoltarea treptată în această perioadă a industriei cărbunilor, siderurgiei, construcţiei de maşini, într-un tîrziu a petrolului, chimiei şi a altora reprezintă solicitări energetice din ce în ce mai variate şi importante, dar care nu permit încă nici pe departe anticiparea formidabilei dezvoltări care va urma. Reamintesc numai că întreaga producţie mondială de energie electrică era în anul 1900 de numai 9 TWh.

Ca şi ultimele decenii ale secolului trecut, primele două decenii de după 1900 au fost caracterizate prin continuarea de căutări de noi soluţii tehnice sau perfecţionarea celor existente, atît în procesele industriale, cît şi în energetică. În industrie este de relevat continua apariţie de ramuri şi subramuri noi, o creştere a mărimii întreprinderilor şi necesităţi de energie din ce în ce mai mari şi variate. În energetică, datorită intervenţiei turbinelor cu abur, apare posibilitatea concentrării producţiei în unităţi mai mari şi alimentarea industriei cu energie electrică produsă centralizat, dar transportată şi distribuită apoi la un număr crescînd de consumatori. Cu toate acestea, nivelul randamentelor este încă foarte redus, de ordinul 12—14% în primele centrale electrice, care funcţionau cu parametri de 14—20 at şi 315—345°C. Progresul este însă apreciabil faţă de randamentul maşinilor cu abur din secolul precedent, care atingea cel mult cîteva procente.

Dezvoltarea tehnică continuă după primul război mondial, însă începe a fi însoţită de preocupări economice din ce în ce mai accentuate. În industrie primează încă preocupările cu specific tehnologic şi de organizare a producţiei, cele de energetică industrială rezumîndu-se, în genere, la începuturi timide şi răzleţe. În schimb, în energetică, domeniu în care energia constituie produsul principal, sînt de menţionat progrese mari în toate fazele : producere, transport şi distribuţie, progrese de altfel prea bine cunoscute pentru a mai insista asupra lor. Este de remarcat însă că, deşi se acordă un interes crescînd condiţiilor tehnice de alimentare a consumatorilor industriali, efortul principal al energeticienilor se concentrează mai ales asupra ameliorării condiţiilor tehnice şi economice de producere a energiei. Aceasta rămîne valabil şi pentru centralele electrice ale autoproducătorilor industriali, din care unele au constituit adevărate instalaţii pionier în ceea ce priveşte introducerea parametrilor înalţi ai aburului. Nici în această fază, însă, importanţa gospodăriei energetice în industrie nu este încă suficient sesizată, ca de altfel în general în întreaga sferă a consumului.

După cel de-al doilea război mondial, însă, se centralizează— ca urmare a unor începuturi schiţate încă înainte de 1939, dar considerabil amplificate în cursul războiului şi în anii imediat următori — o etapă de dezvoltare a industriei şi energeticii care, pe lîngă o dinamică de creştere impresionantă, este caracterizată de cerinţe şi aspecte calitative deosebite.

Industria devine de departe cel mai important consumator de energie, sub toate formele. În funcţie de specificul şi gradul de dezvoltare în ţările respective, industria consumă, în medie, între 50 şi 75% din consumul total de energie primară, respectiv din cel de energie electrică. Această pondere importantă este însoţită, ca urmare a introducerii de tehnologii noi, foarte diversificate, mecanizate şi automatizate, de cerinţe deosebit de exigente în ceea ce priveşte siguranţa şi continuitatea de alimentare, precum şi respectarea parametrilor energiei livrate.

În fine, şi cu aceasta relev caracteristica poate cea mai importantă din punctul de vedere al simpozionului nostru, ca urmare a unui proces de continuă concentrare, determinat de considerente tehnologice şi economice, dar şi de alţi factori specifici vieţii moderne, industriile apar din ce în ce mai mult sub forma unor mari ansambluri industriale. Acestea pot fi alcătuite fie dintr-un grup masiv de industrii integrate, sau pot reprezenta aglomeraţii de industrii, separate în sine, dar care s-au grupat pe alte considerente decît cele numaidecît tehnologice. Ambele categorii de mari ansambluri industriale reprezintă însă consumatori de energie importanţi, principalele diferenţe situîndu-se mai ales în structura consumului.

Paralel cu dezvoltarea industrială, sau chiar ca parte integrantă a acesteia, însă cu specificul său propriu, energetica face, după cel de-al doilea război mondial, un uriaş salt cantitativ şi calitativ. O dată cu creşteri impresionante de producţie, spectaculoase progrese în mărirea puterii unitare şi a parametrilor instalaţiilor de producţie, transformare, transport şi distribuţie a diferitelor forme de energie, energetica, devenită brusc conştientă de rolul ei major în societatea modernă, se cristalizează atît ca disciplină ştiinţifică, cît şi ca ramură de bază a economiei naţionale. Pe lîngă preocupările specifice diferitelor forme de energie, se încheagă preocupări de ansamblu, de energetică generală, căutînd o optimizare a balanţei energetice globale a ţărilor printr-o mai bună gospodărire a energiei în toate compartimentele. Aceste preocupări includ treptat şi sfera consumului, treaptă finală, cu pierderile relativ cele mai mari, şi practic complet neglijată în trecut. Industria, fiind — după cum s-a arătat — cel mai mare consumator de energie, ajunge să polarizeze un grup de preocupări cu totul specifice, dînd naştere aşa-numitei energetici industriale, una din cele mai interesante forme ale preocupărilor energetice actuale.

Această scurtă trecere în revistă a dezvoltării industrializării şi a procesului de formare şi maturizare a preocupărilor energetice aferente ne aduce în pragul simpozionului deschis azi, care îşi propune a analiza, în lumina experienţei celei mai recente şi cu contribuţia unui important număr din cei mai buni specialişti, problemele majore ale alimentării cu energie electrică și cu căldură a marilor ansambluri industriale. În introducerea acestor discuții, permiteți-mi acum a releva pe scurt elementele principale care intervin din punct de vedere energetic în această problemă și care își au izvorul, pe de o parte, în natura și specificul necesarului de energie al industriei, iar pe de altă parte, în condițiile noi în care energetica urmează să le facă față. Întrucît factorul principal care le generează—atît cantitativ, cît și calitativ — este, în fond, fenomenul de concentrare a industriei, fenomen care la rîndul său este promovat de noile posibilități ale energeticii, am intitulat această expunere ca relativă la incidențele energetice ale concentrării industriale, deși, de fapt, sîntem în prezența, în plina accepție a noțiunii, a unei adevărate interacțiuni, cu efecte reciproce deosebit de interesante.

Principalele incidențe energetice ale concentrării industriale de reținut în acest spirit ar fi următoarele :

— apariția unei concentrări teritoriale importante a consumului de energie, atingînd uneori sute de megawați putere electrică și sute de Gcal/h debit de căldură, în special sub formă de abur ;

— apariția, o dată cu consumul important de energie, și a unor disponibilități de resurse energetice secundare industriale, denumite astfel datorită apariției lor strîns legate de condițiile procesului tehnologic care le dă naștere. Deși complet dependente, ca mărime și variație, de ritmul proceselor industriale respective, și ca atare sustrase autonomiei de dispoziție a energeticianului, ele pot atinge volume importante, ca de exemplu în industria siderurgiei, în industria chimică etc. ;

— condiții, uneori extrem de severe, în ceea ce privește continuitatea alimentării cu energie, mai ales electrică, orice întreruperi antrenînd consecințe economice importante, eșalonate între producție nerealizată, producție pierdută, cheltuieli de repunere în funcțiune a unor instalații blocate sau chiar avariate, sau putînd periclita chiar siguranța personalului de deservire ;

— condiții foarte exigente cu privire la parametrii energiei livrate, tensiune și frecvență în cazul energiei electrice, presiuni și temperaturi în cazul aburuui sau al apei fierbinți ;

— condiții foarte dificile privind alimentarea cu căldură, de exemplu cereri de multe nivele de presiuni pentru aburul necesar, distanțe mari de transport la unii consumatori mai depărtați, impurificarea condensatului aburului primit sau neretunarea de condensat în cote importante ;

— variații neobișnuite în consumul energiei electrice sau al căldurii, cu vîrfuri pronunțate și dese, ca urmare a unui proces tehnologic specific, de exemplu cuptoare electrice cu arc de mare capacitate, laminoare etc. ;

— repercusiuni neplăcute sau chiar perturbații în rețeaua de alimentare cu energie electrică, produse de receptori electrici speciali, de exemplu instalații de redresare pentru secții de electroliză sau laminoare, motoare sincrone de mare putere etc.

În plus, pe lîngă cererile de energie electrică și de căldură, mari ansambluri industriale pot cere și o alimentare centralizată cu gaze, apă industrială sau de răcire, aer comprimat, climatizare etc.

Tuturor acestor cereri, energetica încearcă să le facă față în cele mai bune condiții tehnice, dar și cu o vădită și îndreptățită tendință spre o ridicată eficiență economică.

Atîta vreme cît problema se limitează la alimentarea numai cu energie electrică, soluția cea mai adecvată este alimentarea din sistemul electroenergetic, în care energia electrică este produsă în concentrări similare celor industriale și, ca atare, cu mare eficacitate economică. Se cere însă a se lua măsuri corespunzătoare pentru realizarea unui înalt grad de siguranță al alimentării, prevăzîndu-se, pe lîngă eventuale duble căi de alimentare, oricînd este într-adevăr necesar, chiar surse de rezervă la consumator, care în caz de avarii să preia cel puțin consumatorii vitali.

Dacă se cere concomitent și căldură, și anume de medie și joasă temperatură, apare din ce în ce mai interesant — și interesul crește cu mărimea consumului — de a se apela la o soluție locală de producere combinată a energiei electrice și a căldurii. Economicitatea acestei soluții, de mare eficiență energetică în sine, poate fi diferit judecată, în funcție de interpretarea dată avantajelor realizate. De cele mai multe ori avantajoasă din toate punctele de vedere, apare uneori avantajoasă numai dacă este judecată la nivelul economiei naționale, efectele economiei de combustibil la nivelul întreprinderii putînd fi anulate, în anumite condiții limită, de eforturi de investiții locale mai mari. Decizia în aceste cazuri poate fi diferită, după cum pot sau nu să primeze interesele generale. Este o problemă deseori ridicată în rapoartele prezentate și, desigur, schimbul de păreri în această privință se anunță foarte interesant, mai ales că astfel de centrale de termoficare pot avea fie un caracter public, sau să fie realizate de înseși industriile interesate.

O problemă similară este cea a valorificării resurselor energetice secundare industriale, în care — ca și în cazul termoficării — elementul economic determinant este valoarea economiei de combustibil astfel realizabilă. Această problemă prezintă cu atît mai mult interes, cu cît în unele industrii, mai ales cele chimice, este de semnalat o dezvoltare care pare să devină din ce în ce mai caracteristică : mari combinate chimice își reduc continuu necesarul de căldură, crescînd în schimb, în parte substanțial, pe cel de energie electrică. Totodată, ca urmare a proceselor chimice respective, apar resurse energetice secundare din ce în ce mai importante. Consecinţa este că baza de consum termic a unei eventuale centrale electrice de termoficare exterioare se îngustează din ce în ce şi va putea apărea posibil şi raţional ca industria sau grupul industrial respectiv să-şi acopere complet consumul de căldură din astfel de resurse şi, dacă reuşeşte să le valorifice într-un ciclu de termoficare propriu cu parametri corespunzători, să-şi poată acoperi în mare parte, dacă nu chiar integral, şi necesarul de energie electrică.

Depăşind în formă, dar nu ca fond, tematica simpozionului, formulată ca referitoare numai la alimentarea cu energie electrică şi căldură a marilor complexe industriale, rămîne de relevat problema, de altfel deja enunţată, a extinderii alimentării centralizate a industriei peste aceste două forme de energie şi cu combustibil, aer comprimat, apă industrială şi de răcire etc., care de cele mai multe ori poate fi raţional rezolvată în combinaţie cu o eventuală centrală electrică de termoficare, construită pentru alimentarea complexului respectiv. Şi, probabil, într-un viitor nu prea îndepărtat, se va putea vorbi şi despre alimentarea cu căldură la temperaturi mai înalte din cicluri energetice combinate, ca de exemplu aer comprimat fierbinte pentru furnale din instalaţii de turbine cu gaze, ca prime forme ale unei produceri combinate a energiei mecanice şi electrice cu căldură de înaltă şi medie sau joasă temperatură.

Este de semnalat, de asemenea, în completarea resurselor energetice secundare industriale, sau ca o formă specială a acestora, apariţia unei legături inverse de la complexul industrial spre centrala electrică de termoficare, prin combustibil livrat acesteia şi provenit din producţia industrială, legătură menţionată sub forme specifice foarte interesante în cîteva din rapoartele prezentate.

Dar nu putem să nu facem şi o incursiune în viitor şi să nu ne întrebăm care va fi impactul apariţiei noilor procedee de producere a energiei — energia nucleară, pile de combustie, magnetohidrodinamica — asupra alimentării industriale cu energie şi, invers, care va fi influenţa apariţiei a noi foarte mari consumatori industriali, ca de exemplu mari instalaţii de desalinare sau mari sere legumicole, ultimele — după cum se va putea constata, de exemplu, cu ocazia vizitelor tehnice prevăzute după simpozion — fiind în curs de a deveni adevărate mari ansambluri industriale-agricole.

De asemenea, se mai ridică problema, şi experienţa o confirmă din ce în ce mai mult, că de fapt alimentarea cu energie a marilor ansambluri industriale este aproape totdeauna legată şi de alimentarea cu energie a unor ansambluri urbane, fie că ambele categorii apar încă de la început îmbinate, sau apariţia primelor determină în subsidiar şi eşalonat în timp pe a celor din urmă citate.

Evident, sînt multe şi interesante problemele ce pot fi discutate în acest simpozion. Raportorii generali ai celor trei grupe de lucru au propus fiecare cîte o listă de chestiuni, atît pentru a orienta discuţia şi luările de cuvînt pe subiectele cele mai actuale, cît şi pentru a evita atacarea concomitentă a prea multor subiecte, pentru care timpul alocat dezbaterilor nu este suficient. Fără nici o îndoială însă, discuţiile nu se vor limita la dezbaterile publice şi vor fi numeroase ocazii de a adînci, în grupe mai mici şi cu ocazia vizitelor tehnice, schimbul de experienţă în acest domeniu. Dar, tocmai fiindcă acest domeniu este atît de nou sub formele şi posibilităţile moderne de rezolvare, nu mă pot împiedica de a nu enunţa şi eu un un subiect de discuţie, care ridică un dublu aspect, mai inedit şi, după părerea mea, deosebit de interesant, al acestui complex de probleme. Este vorba de colaborarea necesară între tehnologii din industrie şi energeticieni şi de cunoştinţele de specialitate reciproc necesare pentru a putea soluţiona optim alimentarea cu energie a marilor ansambluri industriale. Cum trebuie şi cum pot ajunge unii tehnologi la o concepţie energetică de ansamblu sau chiar numai la înţelegerea condiţiilor de optimizare energetice, în ce măsură şi cum să ajungă să cunoască energeticianul anumite procese tehnologice pentru a discerne posibilităţile şi limitele tehnologice de optimizare, este, desigur, o problemă deschisă. Probabil, şi condiţiile dezvoltării par a confirma din ce în ce mai mult această situaţie, că nu este nici cuminte şi nici posibil a cere fiecărui specialist mai mult decît un anumit grad de înţelegere a complexităţii acestei probleme şi convingerea că rezolvarea ei în cele mai bune condiţii nu este posibilă decît printr-o strînsă colaborare. Ca multe alte din problemele tehnice mari, optimizarea alimentării cu energie a marilor complexe industriale este o problemă de rezolvat în spirit de echipă, în colective grupînd specialişti deopotrivă interesaţi, tehnologi şi energeticieni. Că energeticienii sînt deosebit de interesaţi şi dornici de a rezolva această problemă în cele mai bune condiţii, o dovedeşte, printre altele, şi prezenţa noastră aci. Să lăsăm dezbaterile noastre să servească în cel mai înalt grad şi în cel mai bun spirit de colaborare promovării în continuare a acestei atît de pasionante probleme.

o

RAPORT GENERAL

Grupa A. Nevoile şi caracteristicile cererii de energie electrică şi căldură a marilor consumatori industriali

Raportor general : ing. **Toma Comănescu**

Cele 11 rapoarte supuse acestei grupe acoperă un cîmp foarte larg de probleme şi se referă în general la toate grupele, într-un fel sau altul, adesea ele atingînd unele subiecte care sînt discutate mai în amănunt în celelalte grupe.

Rapoartele sînt grupate în trei subdiviziuni, şi anume :

Subdiviziunea 1 : *Probleme privind alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali* (rapoartele B 24, B 27, A 7, B 29, B 28, A 2).

Subdiviziunea 2 : *Probleme privind gospodărirea energiei termice la marii consumatori industriali* (rapoartele A 8, A 6 şi A 3).

Subdiviziunea 3 : *Metode de prevedere a necesarului de energie în perioadele viitoare* (rapoartele B 29 şi A 5).

Subdiviziunea 1. *Probleme privind alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali*

Dezvoltarea industrială intensivă a marcat, pe de o parte, o creştere corespunzătoare a nevoilor de energie electrică şi, pe de altă parte, necesitatea raţionalizării producţiei şi utilizării acestei energii. Din referatele prezentate în această subdiviziune reiese că rezolvarea acestor probleme se face în general prin analiza efectelor economice nefavorabile cauzate consumatorilor de apariţia incidentelor şi prin găsirea unor metode de eliminare a acestora, combinat cu măsuri care trebuie luate de consumatori, în scopul aplatizării curbei de sarcină, al limitării regimurilor deformate produse de diverşi receptori, precum şi de economia de putere reactivă.

În cadrul acestei probleme, am considerat utilă gruparea rapoartelor după cum urmează :

1. (1) *Rapoarte tratînd modul de alimentare cu energie electrică a consumatorilor industriali — legat de continuitatea funcţionării* (rapoartele B 24, B 27, A 7)

În raportul B 24 (România) se analizează efectele întreruperilor incidentale şi programate asupra marilor complexe industriale chimice şi evaluarea daunelor aferente.

Raportul analizează comportarea în ultimii doi ani a instalaţiilor care asigură alimentarea cu energie electrică a mai multor mari unităţi ale industriei chimice. Din datele prezentate şi analizate în lucrare, rezultă o variaţie largă a daunelor economice prilejuite de întreruperile incidentale şi o plajă restrînsă a valorii daunelor economice prilejuite de întreruperile programate. Este interesant de reţinut faptul că, valoric, daunele economice specifice din prima categorie sînt de circa 1,2 — 3,8 ori mai mari decît cele din a doua categorie. Se apreciază că datele prezentate în referat au utilitate în stabilirea gradului necesar de siguranţă de funcţionare a instalaţiilor de alimentare cu energie electrică a complexelor industriei chimice şi în lucrările de raţionalizare a exploatării instalaţiilor electrice ale acestor complexe.

În raportul B 27 (România) se examinează corelarea condiţiilor cerute de marii consumatori şi sistemul energetic, în privinţa variaţiilor de tensiune şi a şocurilor de putere. Se arată că marii consumatori de energie electrică, deşi impun adesea sistemului energetic condiţii speciale de alimentare cu energie electrică, sînt în acelaşi timp — prin natura receptorilor — surse de perturbaţii pentru reţea.

Pe aceste considerente, referatul prezintă cîteva concluzii, bazate pe studierea relaţiilor reţea — mari consumatori.

Concluziile sînt în esenţă următoarele :

— Studiul teoretic al stărilor posibile ale nodurilor de reţea este accesibil cu ajutorul analizei nodale şi a concepţiilor sale figurative.

— În reţelele actuale, necesităţile consumatorilor privind calitatea alimentării sînt încă obiectul unor studii, legate de exigenţa consumatorilor.

Exprimînd lipsa unui punct de vedere general privind caracteristicile ce trebuie asigurate pentru anumiţi consumatori, referatul propune introducerea de noi indici de siguranţă şi calitate a alimentării, măsuri generale de siguranţă (de exemplu secţionări automate), precum şi continuarea şi dezvoltarea studiilor asupra calităţii şi siguranţei alimentării marilor consumatori.

În referatul A 7 (România) se examinează problemele care preocupă organizaţiile de poiectare industrială şi organele de exploatare ale marilor combinate chimice şi siderurgice din România, în domeniul continuităţii alimentării cu energie şi în special a aşa-numiţilor „consumatori vitali“, a căror funcţionare condiţionează lanţurile tehnologice industriale.

Se analizează : unele scheme de alimentare cu energie electrică, cît şi unele automatizări introduse în staţiile de racord sau de distribuţie a energiei electrice ; comportarea motoarelor electrice de acţionare, de mare putere (1—12 MW) în cazul variaţiilor de tensiune; menţinerea în funcţionare a turbogrupurilor cu contrapresiune existente în centralele electrice de termoficare proprii ale unor mari combinate, în scopul asigurării consumului vital la apariţia variaţiilor de tensiune din sistem sau desprinderea de sistem a centralelor proprii; măsuri necesar a fi luate în instalaţiile electrice pentru evitarea efectelor atmosferei poluate din incinta şi vecinătatea marilor combinate; măsuri luate pentru asigurarea continuităţii funcţionării receptorilor electrici, a căror stagnare conduce la deteriorări de utilaje sau pierderi de producţie.

Sînt prezentate în continuare unele soluţii adoptate în România, eficienţa lor, cît şi obiectul unor cercetări în curs, legate de acest subiect.

1. (2) *Rapoarte privind condiţiile de exploatare economică* (rapoartele B 29, B 26, B 28, A 2)

Raportul B 29 (România) arată efectele dezvoltării rapide industriale asupra formei şi dimensiunilor curbei de sarcină a sistemului energetic. Aplatizarea curbei de sarcină s-a realizat prin trecerea unor receptori electrici cu funcţionare discontinuă din orele de vîrf în afara acestora — atunci cînd n-au rezultat alte consecinţe defavorabile — şi printr-o serie de măsuri de raţionalizare, dintre care cele mai importante sînt:

1. Reexaminarea şi raţionalizarea proceselor de producţie în vederea uniformizării consumului de energie pe schimburi, cu excepţia perioadelor de vîrf, pentru care s-a urmărit reducerea consumului.
2. Reprofilarea unor consumatori, în aşa-numiţi „consumatori-tampon".
3. Introducerea unei politici tarifare de încurajare a consumului de energie electrică în afara orelor de vîrf, în special a orelor de seară.

Paralel cu aceasta s-au aprofundat studiile asupra curbei de sarcină şi a componentelor sale, găsindu-se metodele cele mai adecvate pentru prognoza viitoarelor curbe de sarcină.

În raportul B 26 (România) se prezintă rezultatele studiilor şi ale măsurătorilor regimurilor deformante la staţiile de alimentare ale unui combinat siderurgic. Spectrul de armonici existent pe barele staţiei de alimentare, cu şi fără combinatul studiat, arată că în alegerea filtrelor este necesar să se ţină seamă de caracteristicile sistemului şi, respectiv, de armonicile existente în sistem.

Caracteristicile sistemului din România arată că există anumite configuraţii care modifică caracteristica de frecvenţă a sistemului la barele consumatorului.

De asemenea, liniile electrice de anumită lungime au efecte de filtru favorabile limitării armonicilor. În încheiere se analizează efectele filtrelor montate la consumator şi, respectiv, distorsiunile tensiunii în prezenţa sau absenţa filtrelor. Se constată că, pentru a asigura o bună funcţionare a filtrelor, este necesar să se analizeze circuitele rezonante care pot apărea în cazul regimurilor tranzitorii, pentru a evita supratensiunile.

Raportul B 28 (România) examinează aspectele privind problema variaţiilor de tensiune în sistemul energetic, datorită consumatorilor care produc şocuri de putere reactivă. În funcţie de tipul şi caracteristicile acestor consumatori, se stabileşte forma şi mărimea şocurilor de putere reactivă. Prin calcule şi măsurători efectuate în reţea, se verifică mărimea acestor şocuri şi se determină valorile variaţiilor de tensiune, ţinînd seamă de caracteristicile sistemului energetic şi de modul în care sînt racordaţi astfel de consumatori.

În continuare se examinează măsurile de luat pentru reducerea mărimii variaţiilor de tensiune sub limitele admise de ceilalţi consumatori, verificîndu-se eficienţa lor. S-a studiat, în special, folosirea de compensatoare sincrone cu caracteristici speciale şi folosirea de bobine de reactanţă.

Este de remarcat că problema şocurilor de tensiune şi a efectelor acestora formează o preocupare a energeticienilor români, fapt demonstrat şi din cuprinsul raportului B 27, privind condiţiile calitative cerute de unii mari consumatori de energie absorbită din sistem, adoptîndu-se măsurile cele mai indicate din punct de vedere tehnico-economic şi corespunzătoare nivelului tehnic actual.

În domeniul exploatării economice a energiei electrice se înscrie şi raportul A 2 (Polonia), care tratează despre economia de putere reactivă în industrie. Regimul de funcţionare a sistemului energetic impune în special consumatorilor industriali să lucreze cu un factor de putere cît mai ridicat. Este deci nevoie de a se compensa, prin diferite mijloace, puterea reactivă în industrie.

Pe de altă parte, o supracompensare, care poate să se producă în cazul unei sarcini active reduse, riscă a deranja buna funcţionare a sistemului şi a receptorilor. Autorul formulează condiţiile tehnice pe care trebuie să le îndeplinească un consumator industrial a cărui putere reactivă se cere a fi compensată. Din ecuaţiile de bilanţ ale puterii reactive şi din condiţiile limitative impuse de sistem, rezultă condiţiile pe care trebuie să le îndeplinească o instalaţie de compensare, insistîndu-se în special asupra compensării centralizate şi asupra reglării automate a puterii în funcţiune a bateriilor de condensatoare. Autorul atrage atenţia că la adoptarea unei soluţii de compensare este necesar să se facă şi o analiză economică a soluţiei preconizate.

Subdiviziunea 2. *Probleme privind gospodărirea energiei termice la marii consumatori industriali*

Problema producerii și utilizării raționale a energiei termice constituie esența referatelor grupate în această subdiviziune.

În domeniul producerii energiei termice se menționează preocupările privind caracteristicile echipamentelor centralelor electrice de termoficare și analiza investițiilor și a cheltuielilor de producere a căldurii. De asemenea, trebuie înscrisă și preocuparea avută în problema producerii combinate de energie electrică și de căldură prin grupuri de condensație și priză, a căror folosire este justificată de necesitatea fie a asigurării securității instalațiilor termomecanice din centralele care alimentează consumatori cu regim variabil de consum, fie a asigurării consumatorilor exigenți de energie electrică din întreprinderile deservite de aceste centrale. Este interesant de văzut legătura între referatul A 8 și referatul A 7 în problema asigurării continuității alimentării consumatorilor exigenți.

Problema termoficării serelor legumicole a constituit o preocupare importantă, prin modul de rezolvare dorit — alimentarea cu căldură din centrale electrice de termoficare urbană. Realizările obținute ilustrează posibilitățile existente în adaptarea schemelor acestor centrale la necesitățile acestora și modul armonios de îmbinare a cerințelor producătorului și consumatorului de căldură.

În fine, problemele privind recuperarea căldurii în industria metalurgiei feroase ilustrează gradul de recuperare avansat obținut și economicitatea acestei acțiuni, care se încadrează în problema generală a economisirii energiei primare.

Raportul A 8 (Italia) conține considerații asupra optimizării raportului căldură/energie electrică în instalațiile combinate ale marilor complexe industriale. De menționat că autorul precizează de la bun început că concluziile rezultate se referă la condițiile existente în Italia.

Studiul pleacă de la condițiile de bază impuse de industrie furnizorului de căldură, care este considerat sub forma unei centrale cu grupuri de contrapresiune. În continuare, se ia în considerare și necesitatea asigurării cu energie electrică a unor consumatori electrici exigenți și se fac aprecieri asupra economicității suprapunerii unei tranșe cu condensație.

În ceea ce privește echiparea centralelor electrice de termoficare deservind industria cu turbogrupuri cu contrapresiune, se precizează că pentru anumite ramuri industriale, ca, de exemplu, chimia, hîrtia etc., aceasta oferă o foarte mare elasticitate. Diagramele anexate raportului demonstrează economicitatea acestui mod de echipare a centralelor, o dată cu creșterea parametrilor aburului viu, cu toate că cheltuielile fixe (de instalare) cresc datorită complicării schemei termice. Se arată totodată, însă, că din cauza standardizării tipurilor de cazane și turbine, respectiv limitarea lor, proiectanții sînt obligați să încadreze consumatorii de căldură în parametrii oferiți.

În privința necesității adaptării tranșei cu condensație peste instalații existente cu contrapresiune, se fac aprecieri asupra condițiilor de siguranță în alimentarea cu energie electrică a unor consumatori, care impun acest lucru. Se arată avantajele pe care le oferă tranșa cu condensație în asigurarea acestor consumatori electrici, cît și asupra vieții echipamentului termomecanic al centralei, în cazul în care acesta alimentează cu căldură consumatori cu regim variabil de debite. În legătură cu această suprapunere a tranșei cu condensație peste tranșa cu contrapresiune, se arată ipoteze de calcul economic.

În finalul raportului se iau în discuție două alternative de echipare a centralelor electrice de termoficare, care deservesc industria, și anume : fie cu turbine cu contrapresiune, energia electrică urmînd a fi aprovizionată din sistem, fie cu turbine cu contrapresiune însoțite de turbine cu condensație și priză. Economicitatea joacă un rol important în alegerea soluției, dar trebuie ținut seamă și de exigențele consumatorilor electrici și de faptul dacă pot fi sau nu asigurați de sistem.

Raportul A 6 (România) se referă la problemele legate de alimentarea cu căldură a marilor complexe de sere ce s-au construit sau se construiesc în România.

Se arată că soluția optimă de alimentare cu căldură a marilor complexe de sere legumicole a fost găsită prin adoptarea soluției de alimentare a acestora din centrale electrice de termoficare.

Pentru asigurarea continuității alimentării cu căldură a serelor legumicole — ansambluri care constituie consumatori deosebit de exigenți, prin valoarea mare a producției, cît și pagubele economice ce rezultă din cauza întreruperilor în încălzire — au fost luați în considerație, în studiile elaborate, trei factori principali : vîntul, radiația solară și temperatura exterioară. Din examinarea acestor factori a rezultat că cea mai importantă influență se datorește vîntului, care conduce la creșterea necesarului anual de căldură cu circa 30%.

În privința duratei admisibile a întreruperilor în alimentarea cu căldură a serelor, se fac aprecieri de ordinul orelor, specificîndu-se însă în mod expres necesitatea continuității în alimentare.

În cuprinsul raportului se arată modul în care a fost soluționată încălzirea a două mari complexe de sere din România, din centrale electrice de termoficare urbană, la care s-au montat suplimentar — pentru preluarea vîrfurilor — cazane de apă fierbinte.

În raportul A 3 (Polonia), autorul înfățișează unele aspecte ale recuperării căldurii în uzinele metalurgiei fierului din Polonia.

Autorul începe prin a arăta cantitățile importante de agenți energetici folosiți în industria metalurgiei fierului în 1966 și prevederile pentru anul 1970, arătînd sursele de pierderi importante de căldură în diversele ramuri ale industriei metalurgice, conchizînd asupra necesității luării unor măsuri pentru ameliorarea gospodăririi căldurii și economisirea agenților și purtătorilor de energie.

Se fac, de asemenea, aprecieri asupra unor instalații realizate în uzinele metalurgice din Polonia, menționîndu-se că, pe baza datelor de care se dispune actualmente, recuperarea de căldură reprezintă circa 62,7%, cu posibilități de a fi ridicată către 70—74%, după introducerea de noi agregate recuperatoare.

Subdiviziunea 3. *Probleme privind metodele de prevedere a necesarului de energie în perioadele viitoare*

Schimbările rapide și numeroase determinate de dezvoltarea industrială generală pun problema prevederii din timp a nevoilor de energie. În acest sens, dificultatea este reprezentată de absența unei certitudini în privința preciziei previziunilor necesarului de energie, întrucît este cunoscut faptul că în prevederea acestuia nu există reguli fixe, în mod unanim recunoscute. Fiecare țară are metode diferite, care depind de condițiile specifice și de natura factorilor analizați.

Raportul A 5 (R. F. a Germaniei) tratează amplu unele metode de prevedere a necesarului de energie. Autorii raportului pleacă de la premisa că o corectă planificare trebuie să se bazeze pe o analiză completă, cauză — efect, a trecutului și a prezentului, calitatea prevederii fiind determinată de o considerare extensivă a factorilor luați în considerare și de importanța cu care aceștia vor interveni în viitor. Sînt examinate pe rînd metoda de prevedere prin extrapolarea directă a tendințelor, metoda econometrică și metoda investigațiilor tehnico-economice, pentru aplicarea lor practică în prevederea globală și secțională a necesarului de energie. Se fac aprecieri din care reiese că rezultatele aplicării metodelor sînt suficient de exacte dacă informațiile de bază sînt reale.

Autorii recomandă formularea matematică pentru obținerea unor rezultate cît mai exacte, cu condiția unui control prealabil al premiselor, prin investigații tehnico-economice.

De asemenea, se arată că este preferabil ca prevederea necesarului de energie, atît pentru perioade medii cît și pentru perioade lungi, să se facă prin aplicarea mai multor metode, comparîndu-se în final rezultatele obținute.

Trebuie menționată, de asemenea, contribuția adusă și de referatul B 29 (România), în care autorii recomandă — tot în ideea predeterminării necesarului de energie — aprofundarea studiului curbelor de sarcină, îndeosebi a componentelor lor, în scopul prevederii alurii viitoare a acestora.

★

Așa, după cum rezultă din enunțarea succintă a problemelor dezvoltate în rapoartele ce fac parte din grupa A, completate cu unele rapoarte din grupa B, se propune axarea discuțiilor pe următoarele probleme :

1. Modul de analiză a întreruperilor în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor, metode de evaluare reală a pierderilor economice, metode tehnice de îmbunătățire a alimentării consumatorilor cu energie electrică, în scopul creșterii siguranței în alimentare.
2. Concepții noi în legătură cu proiectarea și echiparea rețelelor electrice de sistem sau la consumatori, în vederea scurtării timpilor de întrerupere în alimentarea cu energie electrică a acestora, la pauze AAR, RAR sau șocuri de tensiune.
3. Îmbunătățirea indicilor de proiectare și exploatare privind calitatea energiei electrice și siguranța în alimentare a consumatorilor.
4. Problema acționării utilajelor din industrie cu motoare de mare putere, în lumina incidentelor ce pot apărea în sistem, oportunitatea instalării motoarelor (sincrone), modul de alegere a motoarelor de acționare.
5. Utilizarea rațională a capacităților de producție și transport al energiei electrice, metode noi în domeniul predeterminării curbelor de sarcină și măsurile de aplatizare a acestora.
6. Noi realizări și eficiența acestora în problema instalării de filtre pentru eliminarea armonicilor în rețele electrice de transport și distribuție.
7. Criterii de stabilire a nivelului optim, din punct de vedere tehnico-economic, în problema compensării energiei reactive.
8. Noi metode de proiectare și execuție a centralelor electrice de termoficare, proprii întreprinderilor industriale, care să asigure continuitatea alimentării cu căldură și energie electrică a consumatorilor industriali exigenți; oportunitatea întrebuințării condensatului recuperat la producerea aburului viu în cazane, sau a dimensionării instalațiilor de tratare a apei la capacitatea totală a cazanelor.
9. Stabilirea limitelor inferioare economice de recuperare a căldurii reziduale în industrie.
10. Optimizarea raportului căldură/energie, legat de necesitatea instalării grupurilor cu condensație și priză în centralele electrice de termoficare industrială.
11. Metode de anchetă privind datele și analiza cererilor de energie în perspectivă.
12. Metode statistice în legătură cu prevederea cererii de energie și utilizarea calculatoarelor electronice în acest domeniu.

RAPORT GENERAL

Grupa B. Diferite concepţii în rezolvarea problemei alimentării cu căldură şi energie electrică a marilor ansambluri industriale

Raportor general : prof. ing. **Ioan D. Stăncescu**

În grupa B au fost anunţate în total 49 de rapoarte, din care numai 40 au parvenit în termen util pentru a putea fi luate în considerare la elaborarea raportului general.

În dorinţa de a explica alegerea unor soluţii sau cristalizarea unor direcţii de tratare unitară a problemelor legate de alimentarea cu căldură şi energie electrică a marilor ansambluri industriale, unele dintre rapoarte fac incursiuni în domeniul problemelor de consum aferente grupei A sau chiar în cele rezervate grupei C. În interesul păstrării cadrului de discuţii preconizat şi în măsura în care nu erau absolut necesare discuţiei din grupa B, aceste rapoarte sau elemente au fost transferate spre tratare grupelor respective.

Cu toate aceste restricţii, materialele destinate grupei B constituie un volum impresionant de informaţii şi comentarii interesante. În cele ce urmează se va încerca să se facă o prezentare orientativă, de ansamblu, grupată pe principale categorii de preocupări şi se va propune în final o concentrare a discuţiilor asupra cîtorva probleme deosebit de importante şi actuale. Adîncirea aspectelor de specialitate trebuie să constituie obiectul examinării personale a rapoartelor menţionate.

1. Cadrul şi oportunitatea alimentării combinate cu căldură şi energie electrică

Oportunitatea tehnică şi economică a alimentării cu căldură şi energie electrică a marilor ansambluri industriale se detaşează net ca o caracteristică generală a energeticii actuale şi nu este infirmată în nici un raport. Cadrul şi amploarea acestei acţiuni variază în funcţie de condiţiile energetice şi economice specifice în diferite ţări. Ea se concretizează ca o adevărată politică energetică de stat în Polonia (B 6), România (B 18) şi U.R.S.S. (B 42), beneficiază de sprijin mai mult sau mai puţin activ din partea statului în alte ţări, sau se dezvoltă nedirijat în unele ţări, pe baza interesului comun al întreprinderilor industriale consumatoare şi al celor producătoare de energie electrică şi căldură, ca de exemplu în R. F. a Germaniei (B 12).

Limitele inferioare de la care alimentarea combinată este considerată economică variază, de asemenea, sensibil. U.R.S.S. prezintă valori relativ mari : sub 250 MW_t (215 Gcal/h) şi 50 MW putere electrică, acţiunea nu este interesantă, peste 500 MW_t (430 Gcal/h) şi 150 MW putere electrică este sigur rentabilă, iar în zona dintre aceste valori economicitatea trebuie determinată de la caz la caz (B 42). În Polonia limita inferioară este considerată de ordinul a 100 000 t abur/an (B 6).

Determinarea limitei inferioare de economicitate a termoficării este o preocupare permanentă în multe ţări, ca de exemplu Franţa (B 31), Polonia (B 9) etc.

În legătură cu aspectele economice, o serie de rapoarte prezintă detaliat bazele şi metodele de calcul folosite pentru determinarea economiilor de combustibil şi cheltuieli anuale faţă de alternativa alimentării din instalaţii separate (B 2, B 14, B 31, B 34).

De multe ori apare însă interesant ca, pe lîngă alimentarea combinată cu căldură şi energie electrică, să se asigure în mod centralizat alimentarea marilor ansambluri industriale şi cu aer comprimat şi cu frig (B 17) sau cu apă de răcire şi apă industrială (B 18).

De asemenea, îşi face din ce în ce mai mult loc ideea alimentării totale cu energie (TE —total energy) a unui consumator, acoperind toate cererile cu o singură formă de energie primară, adică cu un singur combustibil (B 37).

În asemenea instalaţii, realizate pentru alimentarea unui consumator industrial, sau a unui grup de consumatori, îşi găsesc aplicaţie atît turbine cu abur cu condensaţie şi priză sau cu contrapresiune, cît şi turbine cu gaze, soluţia cea mai indicată fiind determinată de structura consumului. În acelaşi timp, politica tarifară şi poziţia întreprinderilor de electricitate care alimentează regiunea respectivă sînt de o deosebită importanţă în promovarea sau frînarea instalaţiilor combinate (B 37, B 44). Ca un exemplu se citează că, în Suedia, în industria hîrtiei, actuala putere instalată în grupuri cu contrapresiune ar putea creşte de la circa 450 MW la 750 — 950 MW (B 37).

2. Concentrarea consumatorilor de energie şi integrarea consumurilor

Concentrarea consumatorilor de energie în vederea alimentării centralizate cu una sau mai multe forme de energie este o tendinţă modernă rezultată din consideraţii economice şi tehnice. Ea se manifestă în toate ţările şi a format preocuparea unei serii de rapoarte (B 13, B 14, B 18, B 20, B 21, B 22, B 40, B 50). Prin concentrarea consumatorilor, necesităţile se acoperă în condiţii optime de integrare şi se mai pot asigura şi alte utilităţi comune, ca de exemplu, alimentarea cu apă de răcire, alimentarea cu apă tratată chimic, canalizarea etc. Necesităţile cele mai mari de energie fiind cele de energie electrică şi căldură, concentrarea consumatorilor în mari complexe justifică de cele mai multe ori construcţia unei centrale de termoficare de putere corespunzătoare consumului total, producerea combinată de căldură şi energie electrică conducînd la importante economii de combustibil (B 18). În acelaşi timp se poate asigura o utilizare ameliorată a energiei primare, ca, de exemplu, prin valorificarea resurselor energetice secundare. Pe de altă parte, însăşi concentrarea consumurilor industriale poate fi influenţată de posibilităţile de alimentare cu energie (B 40).

Stabilirea oportunităţii concentrării se bazează, aşa cum s-a arătat, pe consideraţii tehnice şi economice adîncite privind aspectele specifice ansamblului respectiv (B 13, B 14, B 15, B 16):

— raportul dintre consumul de energie electrică şi căldură;

— durata de utilizare a consumului de căldură şi de energie electrică;

— preţul combustibilului;

— distanţa necesară de transport.

Din punctul de vedere al centralei de termoficare însăşi, avantajele concentrării sînt:

— posibilitatea aplicării unor cicluri avansate, ale căror costuri de investiţii mai ridicate se justifică la mărimea consumurilor concentrate realizate;

— preţuri de cost mai reduse ale căldurii şi energiei electrice decît la producerea separată a căldurii în centrale termice şi procurarea energiei electrice din sistemul energetic;

— condiţii mai bune de producere a energiei electrice în regim de contrapresiune;

— capacitate de generare totală mai mică, prin diferenţierea vîrfurilor şi posibilitatea existenţei unei rezerve comune;

— posibilităţi mai bune de folosire a unor combustibili inferiori, deşeuri combustibile sau alte resurse;

— costuri mai reduse şi eficacitate mai mare la eventuale instalaţii de reţinere a cenuşii.

În faţa acestor avantaje stau unele dezavantaje, în special în ceea ce priveşte investiţia iniţială şi legarea producerii energiei electrice de consumul de căldură, a căror pondere trebuie considerată cu toată obiectivitatea pentru întreaga perioadă de viaţă a centralei. Creşterea în continuare a consumurilor prin mărirea unităţilor industriale sau prin concentrarea unui număr mai mare de unităţi, care se prevede pentru viitor, impune luarea în considerare, pentru acoperirea cererilor de energie electrică şi de căldură, şi a centralelor nuclearoelectrice, care sînt pe cale să devină competitive cu centralele electrice de tip clasic. La centralele nuclearoelectrice cu capacităţi de 5 000 — 10 000 MW_t, la finele deceniului 1970 — 1980 şi începutul deceniului următor, sînt aşteptate costuri ale energiei electrice de 1 — 2,5 mills/kWh şi de 10 — 30 U. S. c/Gcal pentru căldură (B 50). În special, domeniile desalinării apei de mare, ale marii industrii chimice şi ale agriculturii intensive vor fi interesate în astfel de centrale, al căror beneficiu anual (încasări minus cheltuieli, raportate la investiţii) s-ar putea ridica pînă la 15%.

Reţinerile în centralizarea alimentării cu căldură, care se manifestă încă în unele ţări sau la unii consumatori, mai mari sau mai mici, sînt parţial datorite şi restructurării balanţei mondiale a resurselor de energie primară, în sensul creşterii ofertei de combustibili lichizi şi gazoşi şi apariţiei multor tipuri de cazane compacte (packaged), automatizate şi ieftine, consumînd combustibil lichid cu randamente superioare (B 14).

Pe lîngă consumuri de căldură şi energie electrică, complexele industriale mai au nevoie de frig şi de aer comprimat. Aici concentrarea trebuie şi ea examinată atent, deşi adesea dezvoltarea în etape decalate în timp a unităţilor sau obiectivelor industriale a dus la situaţia unor realizări de instalaţii dispersate.

În ceea ce priveşte integrarea consumurilor, se menţionează tendinţa de adaptare strînsă a surselor de căldură la necesităţile şi caracteristicile consumului, mai ales în ceea ce priveşte presiunile la care se cere căldura sub formă de abur (B 12, B 20). Nu constituie excepţii situaţiile în care, de la aceeaşi centrală, sînt alimentaţi consumatori la cinci trepte diferite de presiune, situate între 3 şi 37 at (B 12).

3. Concepţia de ansamblu a centralelor de termoficare a complexelor industriale

3.1. *Structura internă*

O atenţie deosebită în studiul şi realizarea centralelor de termoficare a complexelor industriale a fost acordată grupurilor turbogeneratoare cu contrapresiune, datorită avantajului evident al producerii energiei electrice cu consumuri specifice de căldură reduse (1050 —1150 kcal/kWh) şi economiei de combustibil realizabilă pe această cale. Rapoartele B 2, B 7, B 10, B 14, B 31 examinează această problemă sub diverse aspecte, comentînd şi dezavantajul legăturii rigide între producerea de energie electrică şi consumul de căldură.

Pe de altă parte, sînt examinate şi scheme mai noi, cu folosirea, în diverse combinaţii, a turbinelor cu gaze, fie singure, fie împreună cu turbine cu abur, sub forma ciclurilor combinate (B 17, B 34, B 43, B 47). Asemenea scheme sînt prevăzute pentru producerea numai a energiei electrice sau, combinat, a energiei electrice și a căldurii. Turbina cu gaze se poate combina cu un cazan recuperator care produce abur pentru procese de încălzire sau aburul poate antrena o turbină cu contrapresiune, de la evacuarea căreia se trimite aburul spre utilizare.

Turbinele cu gaze își găsesc utilizare avantajoasă în industria siderurgică, unde există disponibilități de gaze. În toate cazurile unde turbina cu gaze are funcția de grup de ajutor și de vîrf, se poate lua în considerare utilizarea generatorului electric pentru funcționare în regim de compensator sincron, în perioadele de oprire ale turbinei.

Combinarea turbinelor cu gaze cu cazane recuperatoare și turbine cu contrapresiune poate asigura randamente de utilizare a combustibilului mai mari de 50% (B 43).

Dar la echiparea centralelor de termoficare industriale nu se exclud nici grupurile cu condensație și prize reglabile (B 18, B 19), factorii principali care trebuie luați în considerare fiind :

— schemele termice și electrice cele mai adecvate obținerii gradului maxim de siguranță pentru alimentarea cu căldură și energie electrică ;

— parametrii optimi ai aburului, avîndu-se în vedere și parametrii aburului obținut prin eventuale recuperări ;

— tipurile și caracteristicile grupurilor de termoficare cele mai adecvate care pot fi luate în considerare.

Se întocmesc calcule detaliate, bazate pe teoria deciziilor (B 19), care au dus la următoarele concluzii pentru condițiile specifice economice și tehnice din România :

— pentru debite de abur sub 100 t/h, este economică folosirea grupurilor cu contrapresiune ;

— pentru debite mai mari de abur, pe măsura creșterii acestora, grupurile cu contrapresiune se rețin numai pentru acele cazuri cînd există garanția unor consumuri certe și cu durate mari de utilizare. Cele mai multe situații, însă, dau prioritate grupurilor cu condensație și prize reglabile care devin elemente integrate ale sistemului energetic.

În ceea ce privește caracteristicile ciclurilor cu abur (B 18, B 42), trebuie reținute tendințele de a le apropia, mai ales la unitățile de mare putere, de acelea ale ciclurilor centralelor cu condensație de mare putere. În acest scop se urmărește creșterea parametrilor aburului viu, respectiv folosirea parametrilor ridicați ai aburului, mărirea puterilor unitare a grupurilor, reducerea presiunii aburului la prize și mărirea numărului treptelor de preîncălzire regenerativă în vederea creșterii efectului de termoficare internă.

O ameliorare a duratei de utilizare anuale a turbinelor de termoficare se obține prin folosirea unor cazane de vîrf, în special de apă fierbinte, ale căror performanțe și siguranță de exploatare sînt remarcabile (B 36).

3.2. *Combustibilii folosiți*

Pe lîngă combustibilii clasici, utilizați ca în orice centrală termoelectrică, centralele de termoficare sînt de multe ori puse în situația de a trebui să consume unii combustibili mai speciali sau deșeuri.

În industria celulozei și hîrtiei, care în țări ca Suedia și Finlanda are dezvoltată producerea proprie de energie electrică (B 14), însăși concepția centralelor de termoficare trebuie să rezolve folosirea unor deșeuri combustibile cum sînt : coji, rumeguș și substanțe chimice de la instalații de fierbere.

O altă categorie de combustibili utilizați în centralele de termoficare sînt deșeurile menajere (B 10, B 17), care apar la marile aglomerări și trebuie distruse cu minimum de cheltuieli, încercîndu-se și obținerea unor avantaje economice.

Mai este de reținut cazul unor centrale (B 12, B 18, B 21) unde se folosesc combustibili de diferite feluri, putîndu-se utiliza în cele mai bune condiții avantajele de conjunctură a pieții combustibililor sau putînd folosi centrala ca un consumator-tampon (vara gaze, iarna combustibili lichizi sau solizi).

În fine, trebuie subliniată în mod special importanța folosirii resurselor energetice secundare pusă repetat în evidență în foarte multe rapoarte.

3.3. *Caracteristici ale formelor de realizare*

Din multitudinea centralelor de termoficare realizate (B 12, B 14, B 17, B 18, B 20, B 21, B 22, B 31, B 41, B 46) sau studiate (B 13, B 34, B 43, B 50) rezultă o serie de caracteristici interesante, din care se vor reține mai jos unele mai deosebite.

Centrala de termoficare Brazi (România), echipată cu patru grupuri de cîte 50 MW, alimentează cu căldură pentru scopuri industriale și pentru încălzire două mari complexe industriale depărtate la mai mult de 5 km distanță unul de celălalt, precum și o suprafață întinsă de sere legumicole (B 18, B 21). Instalația este remarcabilă prin puterea instalată a grupurilor, parametrii aburului (140 at, 570°C), precum și prin transportul masiv de abur (300 t/h).

Centrala Harburg (R.F. a Germaniei) s-a dezvoltat, în scopul alimentării unei mari rafinării, în cinci etape succesive, atingînd un vîrf de consum de căldură de 422 t/h și livrînd abur la 8 presiuni diferite, între 3 și 37 at (B 12).

Din motive de conjunctură a disponibilităților de combustibil, o centrală de termoficare a unei industrii chimice din Elveția a fost echipată în extindere și cu două cazane electrice de cîte

7 500 kW, livrînd abur saturat de 14 at, cazane care ulterior au fost transformate, mărindu-li-se puterea la 10 000 kW (B 17).

O mare industrie chimică din Franţa cuprinde, pe lîngă o centrală veche cu contrapresiune (parametri 34 at, 400°C), o centrală mai nouă, tot cu contrapresiune, la parametrii 142 bar, 520°C, echipată cu două grupuri cu contrapresiune de cîte 19 MW, precum şi o instalaţie mixtă abur-gaze.

Pe lîngă un grup cu contrapresiune de 18 MW, la 143 bar şi 530°C, este instalată o turbină cu gaze de 3 MW, ale cărei gaze de eşapare merg la cazanul cu abur al grupului (B 46).

Este interesant că, faţă de puterea maximă de 90 MW de care are nevoie întreprinderea, contractul încheiat cu Electricité de France prevede asigurarea din sistem numai a unei părţi a acestei puteri, prin care se realizează importante economii faţă de situaţia în care se asigură din sistem vîrful de consum de putere.

În oraşul Minsk din U.R.S.S. funcţionează, printre altele, centrala de termoficare nr. 3, care asigură cu căldură marile complexe industriale din oraş, precum şi încălzirea urbană. Centrala, dezvoltată în două etape, cuprinde instalaţii la 90 at, 500°C (patru grupuri de 25 MW) şi la 130 at, 565°C (două grupuri de 50 MW şi două grupuri de 100 MW). Grupurile de 100 MW sînt destinate alimentării cu căldură pentru încălzire (B 41).

Oraşul Lodz din Polonia are un important sistem mixt de termoficare industrială şi urbană, alimentat din două centrale de 158 şi 36 MW, cu un debit total de căldură de 313 Gcal/h în abur şi 250 Gcal/h în apă fierbinte, distribuit printr-o reţea de abur de 26 km, respectiv de apă fierbinte de 139 km (B 8).

Şi centrale echipate cu turbine cu gaze sînt sau ar putea fi folosite pentru termoficare. Astfel, o turbină în circuit deschis de 19 100 kW este cuplată cu un cazan recuperator, producînd 37 t/h abur de 10,5 at. Acest abur se destinde în prezent într-o turbină cu condensaţie, dar ar putea fi folosit pentru a alimenta reţeaua de termoficare cu o cantitate de căldură de circa 20 Gcal/h (B 17).

Combinarea într-o schemă a două turbine cu gaze de cîte 15 MW, cu cazane recuperatoare de 80 t/h, 95 bar, 460°C şi o turbină cu contrapresiune de 16 MW, 906 bar ar produce energie electrică la un consum specific de 1450 kcal/kWh. Consumul specific se reduce chiar la 1100—1250 kcal/kWh într-o schemă în care o turbină cu gaze de 15 MW este combinată cu un cazan recuperator producînd 300 t/h abur la 95 bar, 460°C şi antrenînd o turbină cu contrapresiune de 906 bar, cu o putere de 30 000 kW.

Centralele nuclearoelectrice sînt luate în considerare pentru termoficarea industrială, în primul rînd pentru procese de desalinare (B 50). Reţin atenţia instalaţiile în curs de realizare: MWD (Metropolitan Water District), din S.U.A., care, cu o putere instalată de 1600 MW_e, este prevăzută a produce 570 000 m^3 apă/zi, şi instalaţia Sevcenko, din U.R.S.S., cu o putere instalată de 150 MW_e şi o producţie de apă de 120 000 m^3/zi.

4. Apa de alimentare şi gospodăria de condensat

Livrarea de abur din centralele de termoficare pune probleme mai grele decît la centralele cu condensare în ceea ce priveşte asigurarea calităţii apei de alimentare, din cauză că din multe procese tehnologice condensatul se întoarce numai parţial sau se întoarce impurificat. Situaţia este cu atît mai grea cu cît parametrii aburului viu livrat de cazanele care alimentează cu abur turbinele sînt mai ridicaţi. În aceste condiţii, multe rapoarte au tratat sau au atins problemele apei de alimentare şi ale gospodăriei de condensat (B 5, B 10, B 12, B 20, B 22, B 35).

Raportul B 5, dedicat exclusiv oportunităţii întoarcerii condensatului, ajunge la rezultatul orientativ că, în cazul cînd cantitatea de condensat recuperabil este mai mare de 40—50% şi distanţa este mică, recuperarea condensatului este economică.

Factorii determinanţi pentru aprecierea oportunităţii recuperării condensatului sînt:

— costul tratării apei;

— durata de viaţă a reţelei de condensat;

— posibilitatea folosirii condensatului la consumatorul industrial.

Pentru multe instalaţii de termoficare industrială s-au făcut studii comparative între mărirea capacităţii instalaţiei de preparare a apei de adaos pentru cazane şi instalarea de transformatoare de abur pentru livrarea de abur secundar către consumatori şi păstrarea în centrală a condensatului principal (B 10, B 12). Atunci cînd se adoptă livrarea directă de abur, instalaţiile de preparare a apei de adaos (în general instalaţii de demineralizare) sînt foarte ample, şi costul preparării apei reprezintă un post important din cheltuielile de exploatare.

5. Instalaţii de transport şi distribuţie a căldurii

Alimentarea cu căldură a marilor ansambluri industriale pune de obicei şi problema transportului cantităţii de căldură cerute de diversele unităţi, atît din punctul de vedere al distanţelor, cît şi al naturii şi parametrilor agentului termic.

Un exemplu foarte complex de instalaţii de transport de căldură în mari cantităţi, la mari distanţe şi cu parametri foarte diferiţi este sistemul deservind zona de sud a oraşului Ploieşti (România), descris în rapoartele B 18 şi B 21. Transportul unei cantităţi de abur de pînă la 300 t/h cu 16 at la 5,5 km şi apoi a circa 70 t/h în continuare pînă la 9,5 km de sursă a ridicat probleme speciale, atît prin lungimea traseelor, cît și datorită variațiilor debitelor de transportat. Pe lîngă aceste probleme, transportul a circa 150 Gcal/h la 4 km, pentru alimentarea unor sere legumicole, și de circa 250 Gcal/h, în final, pentru încălzirea orașului Ploiești — pînă la 9 km — a fost mult mai ușor de rezolvat, datorită folosirii apei fierbinți ca agent termic.

De altfel, după cum reiese dintr-o serie de rapoarte (B 11, B 17, B 23), apa fierbinte este agentul termic cel mai folosit pentru scopuri de încălzire, datorită ușurinței mai mari în alegerea traseului și a amplasării conductelor. Deși parametrii apei de ducere mai uzuali se situează în jur de 150°C, sînt realizate instalații și cu temperaturi de 170°C sau 190°C (B 17).

Amplasarea este efectuată mai ales în canale, construite din piese de beton armat. Realizarea de galerii tehnice, în care să fie concentrate toate sau majoritatea canalizărilor de pe un anumit traseu, s-a dovedit scumpă și prezintă și unele dezavantaje. Ele se justifică numai în cazuri speciale, cum ar fi obstacole sau încrucișări (B 11).

În ceea ce privește așezarea conductelor direct în pămînt, care ar fi o cale interesantă de ieftinire a rețelelor, ea se urmărește pe trei direcții de dezvoltare (B 11) :

— conducte izolate în prealabil și tratate hidrofug ;

— conducte izolate cu material granulat, cu caracteristici speciale, care înconjură conducta așezată direct în săpătură ;

— izolații de beton spongios.

6. Instalații de transport și distribuție a energiei electrice

O preocupare de bază în concepția instalațiilor de transport și distribuție a energiei electrice pentru alimentarea unor mari industrii sau ansambluri industriale o reprezintă siguranța de funcționare (B 15, B 25, B 46, B 49). Indicatorii de siguranță care pot fi stabiliți sînt criterii principale în luarea deciziilor privind dezvoltarea sistemului energetic și determinarea schemelor de alimentare a consumatorilor.

Există posibilitatea evaluării daunelor provocate de întreruperi și se poate aprecia cu suficientă exactitate eficiența unei investiții suplimentare pentru reducerea sau evitarea în cea mai mare măsură a întreruperilor.

Pentru mărirea siguranței contra primejdiei de incendii sau explozii, consumatorii se ierarhizează în grupe, cu rețele de distribuție separate (B 46). Pe lîngă o rețea prioritară pentru secțiile care cer un grad foarte mare de siguranță, mai există rețele cu grade mai reduse de siguranță. În exploatarea normală, ele funcționează cuplate, luîndu-se măsuri speciale de protecție și separare în situații de exploatare deosebite.

Marii consumatori sînt înzestrați cu puncte de comandă electrice (B 15, B 46) care, în caz de avarii, dau posibilitatea detectării rapide a defectului. Ele permit reducerea substanțială a personalului pentru exploatarea sistemului de distribuție și, cu prețul unor cheltuieli de investiții mărite în instalații de centralizare, conduc la o exploatare mai eficientă decît în cazul cînd există personal permanent în diferite puncte de exploatare.

Comanda centralizată cu ajutorul punctelor de comandă a unei rețele electrice industriale este primul pas în automatizarea exploatării rețelei și constă din următoarele etape (B 49) :

— automatizarea anumitor operații de comutare ;

— înregistrarea și contorizarea automată a tuturor semnalelor și mărimilor măsurate, pe baza unor jurnale de exploatare ;

— automatizarea complexă a tuturor operațiilor de comutare cu ajutorul instalațiilor electronice de prelucrare a informațiilor.

7. Probleme de defalcare a costurilor și de tarifare

În principiu, problemele de defalcare a costurilor pe feluri de energii, precum și problemele de tarifare formează obiectul rapoartelor prezentate la grupa C. Se menționează în acest cadru numai că au fost făcute și în rapoartele din grupa B multe referiri la defalcarea costurilor și la chestiuni de tarifare, ceea ce reflectă faptul că acest aspect constituie unul dintre punctele cele mai dezbătute și adesea controversate în studiul economic al producerii combinate de energie electrică și căldură. Se face numai o scurtă referire la raportul B 12, care conține o interesantă defalcare și structură de tarife pentru abur și energie electrică, produse de centrala unei rafinării, incluzînd și o clauză legată de prețul păcurii.

8. Date de exploatare, siguranță în funcționare, grad de disponibilitate

Deși preocupări ca cele indicate în titlul de mai sus ar fi fost interesant să fie cuprinse în număr mai mare în diferitele materiale elaborate, sau puteau să constituie chiar subiecte principale de tratat, ele au fost numai atinse în unele lucrări, și anume cele al căror conținut se integra în grupa A (B 24, B 26, B 27, B 28).

Concluzii

Cele 35 de rapoarte tratînd problemele specifice grupei B, concentrate în cadrul prezentului raport general, reprezintă un material informativ şi documentar de mare valoare, care merită în continuare un studiu individual amănunţit. Dacă, pe de o parte, s-au putut pune în evidenţă o serie de preocupări majore comune, în special în ceea ce priveşte tendinţa unei alimentări complexe cu energie şi alte utilităţi ale marilor ansambluri industriale, precum şi pentru siguranţa şi economicitatea acestei alimentări combinate, pe de altă parte diversitatea soluţiilor denotă cîmpul larg de optimizare existent în acest domeniu şi progresul important, însă posibil. În aceste condiţii se consideră util a sugera ca discuţiile în această grupă să se axeze pe următoarele chestiuni, de natură a confrunta în modul cel mai rodnic părerile specialiştilor participanţi:

1. Elementele majore care favorizează o centralizare a alimentării cu căldură şi energie electrică a marilor ansambluri industriale. Sisteme de termoficare industrială.
2. Limitele economice inferioare de aplicabilitate a alimentării combinate. Criterii de apreciere şi metode noi de calcul.
3. Sisteme de valorificare a resurselor energetice secundare.
4. Tendinţe actuale caracteristice în concepţia şi realizarea marilor centrale de termoficare industriale :
   - — concepţie şi cicluri ;
   - — forme de realizare ;
   - — varietate de combustibili ;
   - — instalaţii de preluare a vîrfurilor.
5. Gospodărirea condensatului şi asigurarea apei de adaos în marile sisteme de termoficare industrială.
6. Probleme speciale în transportul căldurii la alimentarea marilor ansambluri industriale.
7. Probleme speciale în transportul şi distribuţia energiei electrice la alimentarea marilor ansambluri industriale.
8. Probleme legate de siguranţa alimentării cu căldură şi energie electrică a marilor ansambluri industriale şi aspectele economice aferente.
9. Aspecte speciale de automatizare şi conducere centrală a alimentării cu energie a marilor ansambluri industriale.
10. Intervenţia energiei nucleare în alimentarea cu căldură şi energie electrică a unor mari consumatori industriali.
11. Discuţii şi descrieri privind instalaţii noi (în limita timpului disponibil).

RAPORT GENERAL

Grupa C. Planificarea de ansamblu, probleme financiare şi tarifare

Raportor general : ing. A. Schwefelberg

Grupa a treia a tematicii simpozionului, creată cu intenţia de a permite în special tratarea problemelor economice legate de producţia combinată de căldură şi de energie electrică, grupează rapoartele al căror conţinut — tratat cu înaltă competenţă, pe care mă simt dator să o relev — se situează într-un spectru foarte larg de preocupări. În aceasta constă atît calitatea cît şi defectul ei, deoarece pluralitatea metodelor de aproximare şi de concepţie, cu toate că animează interesul pentru discuţii, nu este de loc potrivită pentru a le facilita.

I. Punctul de plecare pentru obţinerea unor eficacităţi economice ridicate este, fără îndoială, *momentul întocmirii proiectelor de amenajare a marilor ansambluri industriale şi urbane şi de punere în valoare a resurselor de combustibili inferiori.* În cadrul acestei probleme, A. Buch (raportul C 3 — R. F. a Germaniei) se ocupă de multipele aspecte energetice ale dezvoltării alimentării cu căldură şi cu energie electrică a unor oţelării. Se consideră că o uzină siderurgică constituie un caz tipic de mare consumator de energie în diferite forme. Întrucît costul energiei reprezintă între 20 şi 30% din costurile totale de producţie, orice metodă sau măsură care permite economisirea de energie are repercusiuni apreciabile asupra nivelului costurilor totale. Îmbunătăţirile tehnologice şi funcţionale ale marilor consumatori de energie — furnale înalte, laminoare, oţelării — sînt în aceeaşi măsură indicate pentru economisirea de energie ca acelea care au ca obiect recuperarea pierderilor sau a formelor secundare de energie, ca, de exemplu, gazele de furnal sau gazele de cocserie, precum şi producerea combinată de căldură şi energie electrică, optimizată prin utilizarea turbinelor cu contrapresiune.

De această problemă se leagă şi raportul prezentat de R. Nitzold (raportul C 16 — R. D. Germană), care compară soluţia combinată căldură — energie electrică cu aceea separată, în eventualitatea alimentării unor industrii şi a unor cartiere de locuit învecinate. Autorul face să varieze un număr mare de parametri pentru a ajunge la concluzia că soluţia combinată este preferabilă în cazurile cînd zonele de aprovizionare sînt depărtate cel mult cu 8 km de instalațiile producătoare de energie electrică.

Alimentarea cu căldură și energie electrică a complexelor industriale situate în orașe mari este tratată de A. Langner, R. Wagner și A. Wischnat (raportul C 15 — R. D. Germană) ca unul din aspectele esențiale ale efortului îndreptat, în general, spre reorganizarea zonelor industriale urbane în complexe moderne. Luînd ca exemplu orașul Leipzig, autorii expun comparația variantelor de alimentare, care îi conduce la preferarea combinației de înaltă eficacitate a producerii combinate de căldură și de energie electrică nu numai pentru nevoile unui complex industrial puternic, ci și pentru acelea ale sectoarelor urbane învecinate.

Un caz particular de mare interes este tratat în raportul prezentat de V. M. Kogan (raportul B 40 — U.R.S.S.). Pentru țările care dispun de un teritoriu întins, problema specializării pe ramuri industriale a diferitelor regiuni devine de o importanță majoră, pe care o explică cheltuielile de transport la mare distanță al materiilor prime, dar și al energiei. Autorul se ocupă, în special, de analiza influenței pe care o au condițiile energetice asupra implantării anumitor industrii în anumite regiuni.

II. *Analiza formelor și limitelor cooperării între producătorii autoconsumatori de energie electrică și de căldură și serviciile publice* ar putea oferi sugestii interesante. Această temă și-o propune raportul întocmit de E. Fisher (raportul C 11 — Anglia). Plecînd de la caracteristica de subprodus pe care o are energia electrică și căldura pentru industrii, el subliniază interesul acestora de a-și exploata propriile lor centrale în toate cazurile în care procesele de fabricație le pun la dispoziție totalitatea sau majoritatea nevoilor lor de energie în forme primare. Autorul relevă, din acest punct de vedere, oportunitatea turbinelor cu contrapresiune, a căror utilizare în sectorul autoproducător este preferabilă aceleia a turbinelor cu condensație, cu foarte rare excepții. Cooperarea în curs de organizare în Anglia a producției de energie electrică, prin recuperarea agenților secundari — gaze sau căldură — ai industriilor, prezintă un interes general.

Pentru K. Goldsmith (raportul C 18 — Elveția), alimentarea cu căldură a industriilor de la marile centrale publice cu producție combinată este evident avantajoasă pînă la limitele impuse de două restricții fundamentale : pe de o parte, variațiile sarcinii în rețeaua electrică, pe de altă parte distanța admisibilă pentru transportul căldurii. Autorul acordă studiului acestor restricții o atenție deosebită.

III. *Problema metodelor utilizate la repartizarea costurilor de exploatare a centralelor cu producție combinată, în raport cu formele de energie și categoria consumatorilor*, se pare că a reținut în mod special atenția autorilor, întrucît de aceasta se ocupă majoritatea rapoartelor privind grupa a treia (C).

L. Hibbey (raportul C 2 — Ungaria) propune un model concret pentru o unitate economică de producție, prevăzută cu un grad avansat de integrare și, în același timp, de diversificare a producției. În concepția autorului, modelul este destinat să reflecte interconexiunea legăturilor multiple, întrucît acesta este cazul raporturilor complexe care se stabilesc între unitățile în același timp producătoare și consumatoare. Modelul este propus cu posibilitatea utilizării la unități de profile și mărimi diferite. El permite aplicarea unui sistem de repartiții ale costurilor de investiții în raport cu forma de energie obținută.

Un alt aspect al aceleiași probleme este atacat de G. Dörling (raportul C 7 — R. F. a Germaniei) : care sînt limitele economice ale marilor centrale cu contrapresiune? Insistînd în special asupra laturilor foarte concrete și precise ale subiectului său, autorul prezintă calculul economic complet al cazului unui combinat de fibre sintetice. Prin comparația între producția separată cu diferite variante ale producției combinate de căldură și de energie, autorul ajunge, bineînțeles, la constatarea superiorității economice a acesteia din urmă. Calculațiile întocmite îl conduc pe autor să considere ca limită a economicității centralei cu contrapresiune coexistența unui preț relativ ridicat al combustibililor cu un preț relativ scăzut al energiei electrice cumpărate din rețea. Nu s-ar putea contesta o asemenea concluzie, nici aceea privind competitivitatea previzibilă într-un viitor apropiat a centralelor nuclearoelectrice cu centralele termoelectrice cu contrapresiune. Am vrea totuși să reamintim că nu ar trebui considerată decît ca o excepție coexistența celor mai scăzute prețuri ale energiei electrice din sistem cu cele mai urcate prețuri ale combustibililor, caz provocat fie de abundența resurselor hidraulice — la care se referă autorul —, fie de regimul tarifar special al sistemului, fie de alte condiții care ar putea fi considerate ca aleatorii.

P. Rossi (raportul C 8 — Italia) oferă o descriere foarte interesantă a dezvoltării producției combinate de energie electrică și căldură în țara sa. Se constată că rata de dezvoltare a acesteia este sensibil superioară ratei de creștere a producției industriale, și se pot deduce cauzele în special pentru sectoarele ,,energo-intensive'', ca acela al petrochimiei. Autorul se consideră chiar în măsură a stabili prognoze bazate pe proiectarea în viitor a tendințelor rezultate din evoluția trecută.

H. Spilling (raportul C 9 — R. F. a Germaniei) face o comparație a celor două modalități ale producerii combinate : centralizată sau descentralizată. Raportul analizează cazul, deosebit de complex, al uzinelor de produse chimice. Calculele, foarte aprofundate, permit să se tragă concluzia că, în ipotezele luate de autor, soluţia descentralizată —adică aceea în care majoritatea utilizărilor sînt acţionate de motoare şi de turbine cu abur, acţionate de contrapresiunea centralei cu producţie combinată — ar fi superioară, în ceea ce priveşte efortul de investiţii şi costurile de producţie, celei centralizate.

Repartiţia costurilor într-o instalaţie de producţie combinată constituie obiectul unui studiu deosebit de aprofundat, pe care îl prezintă J. Gaussens şi L. Thiriet (raportul C 17 — Franţa). Autorii nu sînt preocupaţi numai de repartiţia costurilor — arătată în titlul raportului — ci în şi mai mare măsură de optimizarea structurii unei instalaţii de producere combinată. Ei fac să varieze, în apropieri succesive ale problemei, caracterul cererii, examinînd în acelaşi timp, în afară de schema ,,liniară'' : generator de abur— turbină cu contrapresiune — generator electric, schemele cu ,,mai multă energie electrică'' sau ,,mai mult abur''. Studiul oferă o privire limpede asupra dificultăţilor pe care le ridică o problemă atît de complexă, dar şi asupra modalităţilor interesant de a le ataca.

În fine, consider că în această categorie aş putea să clasez — chiar dacă aceasta apare oarecum forţat — raportul prezentat de B. Cabicar (raportul C 5 — Cehoslovacia), care propune o metodă de calcul al eficienţei economice pentru utilizarea energiei electrice în anumite procese termice industriale cu temperaturi înalte, începînd cu producţia de oţel şi a fontei cenuşii şi terminînd cu producţia de panificaţie. Comparaţia utilizării directe a combustibililor este stabilită utilizînd ,,costurile calculate'', care ţin seamă de costurile anuale de exploatare precum şi de recuperarea investiţiilor. Aşa cum era de aşteptat, pragul eficienţei la utilizarea energiei electrice corespunde la un raport relativ ridicat al costurilor de investiţii în cele două alternative, simultan cu un raport relativ scăzut al randamentelor care s-ar putea obţine la utilizarea ei.

IV. *Problemele legate de tarifarea căldurii şi energiei electrice*, văzute din unghiul producţiei combinate, au ridicat, de asemenea, un anumit interes.

Comunicarea prezentată de M. Grăniceanu (raportul C 6 — România) se ocupă de demonstrarea efectului stimulator care se poate obţine prin practicarea unei politici tarifare suficient de nuanţată. Concluziile autorului, bazate pe statisticile române, dau posibilitatea să se aprecieze în mod concret corelaţiile dintre creşterea cererii şi raţionalizarea consumului de energie, pe de o parte, şi tarifele diferenţiate şi stimulative, pe de altă parte.

P. Stasi şi J. Dubois (raportul C 14 — Franţa) tratează despre tarifele aplicate de Electricité de France în domeniul livrărilor sau cumpărărilor de energie de la autoproducători. Ca parte integrantă a politicii tarifare a EdF, rapoartele dintre preţurile practicate între aceasta şi autoproducători sînt destinate, în afară de baza lor economică solidă, să stimuleze modurile de autoproducere cele mai interesante pentru colectivitate, ca şi pentru producători.

Raportul întocmit de D. Schaller şi F. W. Kloeppel (raportul C 12 — R. D. Germană) prezintă o metodă interesantă, verificată în diferite cazuri concrete, de evaluare economică a reţelei sau a variantelor de scheme de conexiuni ale consumatorilor, ţinînd seamă de pierderile produse de deranjamentele în livrarea de energie electrică. Acest subiect are anumită contingenţă cu acela tratat de H. Lindner (raportul C 13 — R.D. Germană) privind problema optimizării variantelor de conexiuni pentru alimentarea cu energie electrică a unor întreprinderi industriale, utilizînd ecuaţii ale costurilor totale care ţin seamă de costurile provocate de pierderile anticipate de consumator.

Raportul prezentat de J. Mira (raportul C 4 — Ungaria) ne aduce la cunoştinţă elementele noi pe care sistemul de gestiune al economiei planificate, intrat în vigoare în 1968, le introduce în mecanismul finanţării investiţiilor, formării preţurilor şi utilizării beneficiului întreprinderilor. Se aşteaptă de la noile tarife fixate pentru căldură şi energie electrică să acopere costurile de producţie, să pună la dispoziţie mijloacele necesare pentru o anumită lărgire a producţiei şi să provoace, în acelaşi timp, pe consumatori la o utilizare economică a energiei.

Acest raport general tinde să grupeze comunicările privind grupa C ţinînd seamă de ideile generale care inspiră aceste comunicări. Dacă nu a reuşit să o facă decît în mică măsură, aceasta trebuie imputat mai mult raportorului general decît eterogenităţii rapoartelor, inevitabilă pentru un subiect şi o participare cum sînt acelea ale simpozionului de faţă.

Se întrevede totuşi intenţia de a conchide cu o constatare care se desprinde din ansamblul rapoartelor :

Nu oportunitatea economică în sine a producţiei combinate de energie electrică şi de căldură constituie actualmente obiectul cercetărilor, ci optimizarea acestei producţii, aspectul tehnologic în aceeaşi măsură ca cel economic, ţinîndu-se seama de condițiile concrete foarte diferite care se pot întîlni. În țările cu economie planificată, producția combinată nu mai este localizată, ca în celelalte țări, în special la autoproducătorii industriali, ci ea este legată din ce în ce mai mult de serviciile publice.

Așa cum se poate desprinde din rapoartele prezentate, ar exista un interes deosebit de a se concentra discuțiile grupei C pe următoarele teme :

— mijloacele de stimulare a concentrării consumatorilor de energie și elaborarea de proiecte de mari ansambluri industriale și urbane, care să facă posibilă punerea în valoare a resurselor locale și a combustibililor inferiori ;

— raporturi generale și tarifare recomandabile între serviciile publice și autoproducători ;

— metode tot mai aprofundate și simple de calculare a repartiției costurilor de investiții și a celor de producție între diferitele forme de energie produse în comun.

o

Cuvîntări rostite la ședința de închidere

Joseph Vlach (Cehoslovacia) (22 mai 1968)

Domnule ministru adjunct, domnule președinte, doamnelor și domnilor,

La sfîrșitul simpozionului nostru, aș dori să exprim mulțumirea că programul a fost îndeplinit în condiții bune.

Am avut multe comunicări și intervenții privind nu numai probleme actuale, dar și de viitor. Am găsit potrivit să separăm problemele alimentării cu energie electrică de cele ale alimentării cu căldură. Credem că este avantajos a vorbi de probleme economice, așa cum s-a făcut în timpul acestui simpozion.

Prin aceasta devine posibilă o mai bună înțelegere a diferitelor metode de alimentare cu energie, utilizate în diferite țări. Am avut multe comunicări care au arătat realizări obținute și se poate spune că unele din rapoarte au deschis perspective noi privind soluționarea unui număr de probleme. A fost posibil să se compare experiența noastră proprie cu aceea a colegilor noștri, în toate chestiunile supuse dezbaterilor, și rezultatele studiilor noastre privind probleme actuale și viitoare, ca folosirea energiei nucleare. Una dintre problemele de bază este cea a fluxurilor de energie, care leagă între ele țările. Este, de aceea, necesar să se încheie acest simpozion, încununat de succes, cu pregătirea întîlnirii următoare.

Vă rog să-mi permiteți să exprim mulțumiri gazdelor noastre române care ne-au asigurat cea mai plăcută ambianță de lucru și al căror talent organizatoric merită cel mai înalt elogiu. Mulțumirile noastre se adresează, de asemenea, tuturor membrilor Secretariatului CEE, pentru marele lor ajutor. Le urăm mult succes pentru pregătirea întîlnirilor viitoare.

Henri Balériaux (Belgia) (22 mai 1968)

Domnule ministru adjunct, doamnelor, domnișoarelor, domnilor,

Mi s-a cerut să vorbesc în numele dv. pentru a mulțumi prietenilor noștri români pentru primirea pe care ne-au făcut-o. Trebuie să vă spun că am acceptat imediat; este o misiune ușoară, este suficient să lași să vorbească inima.

Am spus, aici chiar, că optimizarea ansamblurilor energetice, îmi apărea ca o himeră, ceea ce nu înseamnă că nu cred în ea, dar, în fine, cred că ne apropiem încet de ea și de aceea o numesc o himeră. Dimpotrivă, ceea ce este o realitate absolută, indiscutabilă, este calitatea primirii care ne-a fost făcută de către prietenii noștri români, o calitate fără deficiență, fără greș, deci de o valoare infinită, și noi toți știm că prietenia nu are preț. Ea scapă deci din fericire oricărei încercări barbare de optimizare. Prietenii noștri români ne-au revelat, fie în rapoartele lor, fie în intervențiile lor, stadiul avansat al cercetărilor lor, remarcabila competență a inginerilor lor. Ei ne-au arătat, de asemenea, cum se primesc prietenii, căci noi ne-am simțit aci la prieteni, *cu o prietenie caldă, discretă și atentă. Și nu numai noi, domnilor, am fost copleșiți prin această prietenie. Acei dintre noi, din păcate prea puțini, care sînt întovărășiți de soțiile lor știu cu cîtă atenție au fost primite acestea.*

La multe congrese ne este dat să asistăm la un concert — în general un concert simfonic — ceea ce este de altfel totdeauna o plăcere. Ce ne-au oferit prietenii noștri români? Un concert de muzică de cameră, forma cea mai rafinată — după părerea mea — a artei muzicale, și în acest concert, minunat interpretat la nivelul cel mai înalt, o parte dintr-un concert de Bach. Și aceasta — cred — pentru a ne aminti că, pe lîngă lucrările noastre de optimizare, de modele simulatoare, de lanțurile Markoff, de procedeele stochastice de cercetare, rămîne și va rămîne mereu, orice ar crede despre aceasta cei ce folosesc mașinile de calcul — și credeți-mă că nu vreau să-i vorbesc de rău — dar în fine, orice ar crede totuși cei ce folosesc mașinile de calcul, totdeauna va rămîne spiritul, și spiritul, domnilor, prietenii noștri români îl manifestă la un înalt grad de rafinament.

Pentru tot ceea ce ați făcut, domnilor, pentru a ne face șederea noastră agreabilă, eficace și spirituală, mulțumesc.

Adrian Georgescu (22 mai)

Doamnelor și domnilor,

După trei zile de lucrări susținute, simpozionul nostru se apropie de sfîrșit. Cifrele preliminare care caracterizează lucrările simpozionului ar fi următoarele:

— 68 rapoarte, elaborate de specialiști reprezentînd 13 țări, și, în plus, cele trei rapoarte generale;

— 160 de participanți străini, la care se adaugă aproximativ 200 de participanți români, participanți care au reprezentat la lucrările simpozionului 22 de țări; de asemenea, au luat parte 5 reprezentanți ai unor organizații internaționale. Au avut loc 63 de intervenții ale reprezentanților a 15 țări. Desigur, aceste cifre dau o idee asupra amploarei lucrărilor noastre și ne permit să privim cu optimism manifestări similare care vor fi organizate în viitor sub auspiciile Comisiei Economice pentru Europa. După ce predecesorii mei au prezentat în rezumate destul de detaliate principalele concluzii care s-au desprins din lucrările noastre, mi-ar fi greu ca la rîndul meu să trag anumite concluzii de detaliu. Totuși, aș dori ca să rețin unele concluzii generale care, cred eu — este o părere personală —, se desprind din rapoartele elaborate precum și din intervențiile care au avut loc. O primă concluzie este aceea că tema aleasă a fost o temă actuală. A doua concluzie generală este aceea că problemele care au făcut obiectul rapoartelor și al discuțiilor își găsesc aplicabilitate și interes într-un număr mare de țări. A treia concluzie generală: problemele specifice sînt multiple, complexe și soluțiile sînt diverse. În fine, ultima concluzie, de ordin general, care se impune este aceea că tratarea optimă a problemelor pe care le-am examinat nu poate fi făcută decît printr-o colaborare strînsă între proiectanții, exploatanții și realizatorii complexelor industriale și ai centralelor electrice, respectiv termoelectrice.

Reluînd cele patru concluzii principale, aș sublinia cîteva idei în sprijinul primei dintre ele: că tema noastră a fost actuală. Tema noastră este actuală dintr-un număr de motive, cel mai important fiind acela, cred eu, că industria din diferite țări se va realiza în viitor din ce în ce mai mult grupată în complexe industriale. Existența complexelor industriale impune examinarea atentă a rezolvării aprovizionării acestor complexe cu energie.

Vom avea de-a face din ce în ce mai mult cu complexe fiindcă avem un număr mare de restricții impuse de lipsa apei, grija pentru poluarea atmosferei și de tendința de integrare și de raționalizare a industriei în general. Avem nevoie să grupăm industria în viitor în complexe fiindcă dezvoltarea generală a industriei se pare că se face din ce în ce mai mult pe seama unor procese mari consumatoare de energie. Natura proceselor tehnologice viitoare comportă o creștere continuă a exigenței consumatorilor față de alimentarea cu energie de orice natură, și în mod particular electrică și căldură.

Trebuie ca să se asigure o continuitate aproape absolută, trebuie să fie menținuți parametrii la care se realizează aceste alimentări, și toate acestea, se pare că sîntem toți de acord, se pot realiza mai bine, mai sigur, printr-o specializare a acestor activități, ceea ce, de asemenea, presupune complexe cu specializare internă, inclusiv specialitatea producerii energiei de orice fel. Peste toate aceste considerente se suprapune acțiunea economică care cere ca investițiile să fie cît mai mici și prețul de revenire al produselor finale ale industriei să fie de asemenea cît mai mic. Acestea au fost considerente care sînt valabile în primul rînd în țările dezvoltate, care fac pași spre dezvoltarea mai departe a industriei, dar aceleași probleme se regăsesc și în țările în curs de dezvoltare. În aceste țări, statul a preluat prerogative mai mari decît în trecut în dirijarea dezvoltării economiei. Această dirijare în mai mare măsură de către stat a dezvoltării economiei presupune *apariția unor tendințe justificate de planificare parțială a acestor economii noi, ceea ce în mod implicit, pentru toate rațiunile spuse mai înainte, conduce la apariția de complexe industriale. Desigur, ar fi lipsit de sens ca toate aceste țări în curs de dezvoltare să parcurgă lungul drum pe care l-au parcurs țările astăzi considerate dezvoltate puternic din punct de vedere industrial și economic.*

Pentru toate țările, puternic dezvoltate sau în curs de dezvoltare, există o rațiune, cred eu, supremă, care, de asemenea, conduce la concentrarea industriei și la rezolvarea bine gîndită și optimă a problemelor aprovizionării cu energie (cînd spun aprovizionare cu energie nu spun neapărat aprovizionare centralizată și din centrale publice, ci spun numai soluționarea optimă a aprovizionării cu energie).

Acest factor comun este, chiar în prezent pentru unii sau în viitor pentru toată lumea, lipsa din ce în ce mai accentuată de energie primară sub formele ei clasice. Existența acestei lipse și, ca o consecință, dezvoltarea accelerată a energeticii nucleare conduc la nevoia concentrării producerii de energie electrică și termică în centrale puternice, astfel amplasate, încît în jurul lor să poată fi construite complexe industriale mari consumatoare de energie termică, în principal, și, desigur, și de energie electrică, în particular.

A doua concluzie generală, larga aplicabilitate a tematicii noastre, rezultă în primul rînd din argumentele pe care le-am spus deja. În al doilea rînd, cu ocazia modernizărilor care trebuie făcute în industriile existente în toate țările din lume, desigur că stadiul actual al științei și al tehnicii cere ca să fie reexaminate soluțiile de alimentare cu energie de tot felul și în mod particular cu energie termică și electrică.

De asemenea, țările care pînă acum foloseau ca principală sursă de energie primară energia apelor sînt obligate să-și pună din ce în ce mai serios problema de a apela la producerea de energie folosind combustibili, deci energie termică, și, bineînțeles, la folosirea energiei nucleare.

Problemele pe care le-am examinat sînt, am spus, multiple și complexe. Într-adevăr nu este nevoie de pledoarie pentru a putea fundamenta această afirmație, și discuțiile care au avut loc au subliniat în mod deosebit această concluzie generală.

Alegerea soluțiilor, optimizarea lor, găsirea soluției de alimentare separat sau centralizat, asigurarea siguranței alimentării, examinarea atentă a locului unde trebuie făcută investiția suplimentară, pentru a cîștiga zecimea de procent de siguranță pentru care ne luptăm cu toții, toate acestea vorbesc despre complexitatea problemei. Problemele mai de detaliu, ale relațiilor reciproce, cum ar fi returnarea condensatului, influența receptorilor de energie asupra rețelei de transport și de producere, problemele tarifare și toate celelalte aspecte care au fost larg dezbătute de vorbitori sînt argumente pentru aceeași concluzie generală.

Desigur că ultima concluzie de asemenea se impune, dar poate că pînă la această dezbatere largă a problemei nu era evident pentru toată lumea că trebuie să existe o deosebită colaborare, în primul rînd între proiectanții industriilor și proiectanții instalațiilor de producere a energiei termice și electrice.

S-a văzut că există o multitudine de soluții, care se grupează în orice caz în două categorii importante: producerea centralizată sau producerea necentralizată. S-a văzut, de asemenea, că sînt condiționări reciproce, că sînt consecințe economice care trebuie să fie gîndite dinainte, pentru a se putea, printre altele, chiar amplasa corect centrala care produce energia.

Toate acestea fundamentează, cred eu, cele patru concluzii generale pe care le-am expus în fața dumneavoastră. În final, cred că se poate desprinde o supraconcluzie generală, aceea că simpozionul nostru și-a atins scopul. Aș dori ca să subliniez nivelul ridicat din punct de vedere tehnic pe care l-au atins discuțiile purtate. Consider că a fost făcut un schimb larg de păreri, și aceasta s-a întîmplat nu numai de la pupitru, ci și în pauzele dintre ședințe, în timpul meselor, în timpul discuțiilor libere care au fost angajate între participanți.

De asemenea, îndrăznesc să avansez ideea că pentru noi toți, pentru fiecare dintre țări, acest simpozion, respectiv acest moment de sfîrșit al simpozionului, înseamnă nu numai un sfîrșit de activitate, dar înseamnă și un început de activitate la noi acasă, fiindcă, desigur, fiecare dintre noi am descoperit cu ocazia acestei confruntări largi de păreri că sînt unele probleme, unele aspecte pe care le-am tratat mai puțin, care poate ne scăpau. Văzîndu-le la alții, văzînd preocupările pe care le-au generat la alții aceste probleme, desigur ne vom propune ca și noi să adîncim aspectele respective în institutele noastre de specialitate.

Încheind, eu aș dori să adresez mulțumirile noastre, ca țară organizatoare, tuturor raportorilor, care prin munca lor personală ne-au pus de fapt la dispoziție substanța pentru această largă dezbatere.

În al doilea rînd, aș dori să mulțumesc raportorilor generali, care prin munca lor de sinteză, prin prezentarea problemelor și prin concluziile pe care le-au tras la sfîrșitul lucrărilor, grupate pe cele trei secții, au adus un aport deosebit lucrărilor noastre. Țin să mulțumesc președinților de ședință, domnului Lamouroux, domnului Slijevsky, domnului Watts, domnului Fisher *și domnului Hellemans, care au condus cu autoritate și competență lucrările celor cinci ședințe ale simpozionului nostru. Doresc să aduc mulțumirile noastre tuturor celor care au luat cuvîntul la lucrările noastre, și în mod particular celor care ne-au adus salutul organizațiilor internaționale, și domnilor Vlach și Balériaux, care ne-au acoperit cu mulțumiri, pe care am fi bucuroși să le fi meritat în măsură de 25% față de largheţea cu care ele au fost prezentate.*

Aduc mulțumirile noastre Secretariatului Comisiei Economice pentru Europa și în mod particular domnului Sevette, domnului van Rhyn și domnului Podașcă, care prin munca precedentă sesiunii, ca și prin munca desfășurată în cursul sesiunii, și aici desigur, și am în vedere și munca serviciilor pe care dînșii le conduc la Geneva, au asigurat succesul acestei reuniuni.

Aduc mulțumirile noastre corpului de interpreți, fără a căror contribuție lucrările noastre ar fi fost desigur imposibile. Trebuie să subliniem promptitudinea și corectitudinea cu care dînșii au redat în limbile de lucru intervențiile.

Aduc mulțumirile mele, ale Ministerului Energiei Electrice, personalului tehnic, care, prin străduința depusă, a asigurat buna desfășurare a lucrărilor și, în fine, aduc mulțumirile noastre tuturor celor care au participat la lucrările simpozionului.

Nu aș putea să închei fără a prezenta în fața dumneavoastră și scuzele pentru inevitabilele și inerentele defecțiuni care au existat fără îndoială pe parcursul realizării, aici la București, a lucrărilor simpozionului nostru.

Desigur, am avut și noi de tras anumite învățăminte, și la un viitor simpozion organizat de țara noastră sub auspiciile Comisiei Economice pentru Europa vom căuta să optimizăm rezultatele noastre, fiindcă este singurul punct în care nu pot fi de acord cu domnul Balériaux: optimizarea își găsește locul și în acest domeniu.

În speranța că această manifestare a adus o modestă contribuție la progresul tehnic și la opera de optimizare, care reprezintă sarcina cea mai de seamă a inginerului modern, termin urînd celor care vor pleca în călătorii de studii o călătorie fructuoasă, un timp frumos, iar pe cei care se vor întoarce direct în țările dumnealor, ca și pe cei care se vor întoarce în țările dumnealor după efectuarea călătoriei de studii îi rog să ducă mesajul de prietenie al energeticienilor români către colegii din țările respective, să le transmită dorința noastră de a dezvolta cît mai larg colaborarea tehnică, colaborarea științifică, colaborarea economică, fapte a căror desfășurare este în folosul nostru al tuturor.

Cu aceasta declar închise lucrările simpozionului privind „Probleme puse de aprovizionarea cu căldură și energie electrică a marilor complexe industriale”.

* * *

COMUNICARE

Sesiunea 1968 a Conferinței Internaționale a Marilor Rețele Electrice (CIGRE), care, din cauza evenimentelor, nu s-a putut ține între 10 și 20 iunie 1968, va avea loc între 21 (miercuri) și 31 (sîmbătă) august 1968, la Paris, în sediul UNESCO, 125 Avenue de Suffren, Paris 7-è, cu programul tehnic prevăzut inițial.

DECLARAȚIE

făcută de d-l Pierre Sevette, directorul Diviziei de energie din cadrul Secretariatului Comisiei Economice pentru Europa a Organizației Națiunilor Unite, în ziua de 21 mai 1968

Organizarea acestui simpozion este perfectă, iar climatul în care se desfășoară este deosebit de amical. Am spus chiar ministrului energiei electrice al țării dumneavoastră cît de mult apreciem, în cadrul ONU, participarea activă a experților români la lucrările noastre, precum și sprijinul pe care îl găsim întotdeauna din partea guvernului român.

Am avut ocazia să vin de multe ori în România — de cinci ori în șapte ani — și trebuie că vă spun că sînt impresionat de dezvoltarea pe care o constat nu numai în orașul București, dar mai ales în industria electrică. Dacă la ora actuală, creșterea anuală a consumului de energie electrică pe plan mondial este de circa 7%, în România, în ultimii șapte ani, creșterea acestui consum este de 18%. Aceasta presupune din partea industriei electrice românești un efort considerabil de investiții, nu numai în ce privește mijloacele de producție, dar și în construirea de rețele de transport pentru energia electrică.

Sînt deosebit de fericit în ce privește primele rezultate obținute la acest simpozion. Este pretimpuriu să vorbesc despre rezultate definitive, deoarece lucrările noastre se încheie mîine. Dar, pînă acum, totul este foarte încurajator, și țin încă o dată să mulțumesc guvernului Republicii Socialiste România pentru excelenta primire pe care ne-a făcut-o.

o

Rezumatele rapoartelor prezentate la simpozion

A.2. Aspecte economice ale puterii reactive în industrie

W. Gosztoft (Polonia)

Regimul de funcționare a sistemelor combinate de energie electrică cere din partea consumatorilor industriali realizarea unui factor de putere (cos φ) ridicat. Este, prin urmare, necesar să se compenseze puterea reactivă în instalațiile industriale într-o măsură destul de mare. Pe de altă parte, supracompensarea care poate interveni în cazul sarcinilor reduse riscă să aibă efecte dăunătoare.

Autorul formulează două condiții tehnice pe care trebuie să le îndeplinească un consumator industrial a cărui putere reactivă este compensată :

$$Q_d\,/t/ \leqslant Q_e$$

$$Q_d\,/t/ > 0,$$

unde $Q_d\,/t/$ reprezintă consumul de putere reactivă în oricare moment $/t/$;

Q_e — valoarea nominală a puterii reactive care poate fi livrată unui consumator industrial la sarcina maximă.

Din ecuația generală a balanței puterii reactive rezultă că, printr-o compensare centralizată, realizarea acestor condiții cere, ca regulă generală, o reglare automată a puterii bateriilor de condensatoare.

Considerațiile și calculele expuse în raport arată că fără să fie necesară reglarea automată a puterii dispozitivelor de compensare, compensarea individuală a motoarelor asincrone corespunde condițiilor tehnice.

În concluzie, autorul semnalează anumite aspecte economice ale comparației dintre compensarea individuală și compensarea centralizată. Rezultă că în numeroase întreprinderi compensarea individuală se poate dovedi ca soluție mai eficientă.

A 3. Problema utilizării căldurii reziduale în industria siderurgică și metalurgică din Polonia

J. Mikulski (Polonia)

Se arată necesitatea de a se acorda o importanță mai mare economiei energetice în industria siderurgică și metalurgică și modernizării acesteia, avînd în vedere caracteristicile de densitate de energie specifice acestei industrii.

Definiția noțiunilor și a surselor interne de energie este urmată de o examinare a locurilor de formare a căldurii reziduale în principalele secții ale unor uzine siderurgice, cocserii, furnale înalte, oțelării și laminoare.

Raportul oferă un bilanț al posibilităților și stabilește interesul utilizării complete a căldurii reziduale în industria siderurgică din Polonia. Este vorba de primul studiu de ansamblu de acest fel.

Din datele cantitative arătate în raport rezultă că prin utilizarea unor procedee și utilaje moderne s-ar putea recupera, pe ansamblul industriei siderurgice, în jurul a 74% din cantitatea totală de căldură reziduală.

Situaţia actuală a unităţilor de producţie este descrisă în alternativa instalării unor echipamente suplimentare care ar face posibilă recuperarea căldurii produse la principalele operaţii tehnologice. Autorul acordă o importanţă specială utilizării unor cazane recuperatoare pentru a folosi căldura produselor de combustie în cuptoarele Martin, instalării unui echipament de răcire prin evaporare pe lîngă cuptoarele industriale, recuperării căldurii cuptoarelor de reîncălzire, precum şi modernizării şi automatizării, ca şi reducerii pierderilor de gaze de furnal, prin utilizarea lor completă.

Diferitele proiecte de acest fel, actualmente în curs de realizare, sînt foarte rentabile, întrucît indicatorul costurilor de capital oscilează între 200 şi 1300 zloţi/tonă de combustibil convenţional, cu un maxim de 3500 zloţi/tonă, pe cînd termenul de recuperare poate varia între 0,5 şi 2,5 ani, la un maxim de 6 ani.

Indicatorul global de recuperare, raportat la o tonă de oţel, trebuie să atingă circa 115 mii kcal/t în 1970, ceea ce reprezintă o economie anuală de circa 190 mii tone combustibil convenţional. În 1975, acest indicator va trebui să ajungă la 294 mii kcal/t, adică la 658 mii t c.c. ; aceste cifre ilustrează elocvent nivelul şi rentabilitatea progreselor prevăzute în materie de economie energetică în sectorul siderurgic şi metalurgic.

Ameliorarea economiei energetice în această ramură a economiei poloneze depinde în aceeaşi măsură de tipul combustibililor utilizaţi. Această relaţie este deosebit de evidentă în cazul înlocuirii cărbunelui de gazogen prin gaze cu putere calorifică ridicată, sau prin combustibil lichid. Modificările ce rezultă din aceasta în structura consumului de combustibil sînt reprezentate într-un grafic, din care reiese că ponderea cărbunelui utilizat pentru producerea de energie a scăzut în cursul ultimilor nouă ani în cadrul consumului total de căldură de la 27,1 % la 19,5 %.

Consumul de căldură raportat la produsul principal (în cazul dat, oţelul) constituie un indicator caracteristic de ameliorare a economiei energetice, realizat, între altele, datorită folosirii îmbunătăţite a căldurii disipate. Acest indicator, care în 1945 era de 17 mil. kcal/t, a ajuns în 1966 la 8,5 mil. kcal/t. În conformitate cu planurile întocmite pentru viitor, indicii trebuie să continue să scadă, de astă dată mult mai încet, pentru a atinge în anul 1985 cifra de 6 mil kcal/t.

A 5. Metode de previziune şi încercarea lor în practică

H. Steiner şi *E. Schulz* (R. F. a Germaniei)

Modificările numeroase şi rapide care se produc în lume fac necesare previziuni exacte în multe domenii de activitate, dar în special în cel al economiei.

Lucrarea examinează trei metode de previziune, aceea a extrapolării directe a tendinţelor, metode econometrice şi studiile tehnico-economice folosite fie pentru previziunea globală, fie pentru previziuni pe sectoare, şi studiază aplicarea practică a acestora.

Se arată că metodele de previziune pe termene medii dau rezultate suficient de exacte în cazul cînd sînt îndeplinite anumite condiţii esenţiale. Aceste condiţii se referă la stabilitatea previziunilor privind relaţiile endogene şi exogene din perioada studiată. Interesul principal, care se acordă analizei exacte a evoluţiei pînă la epoca actuală a valorii care face obiectul previziunii, provine din această orientare anterioară a metodelor de previziune pe termene medii.

Acum se poate recunoaşte uşor importanţa metodelor matematice de previziune. Formularea matematică exactă a evoluţiei trecute permite o extensie foarte precisă a tendinţei viitoare. În plus, formularea în termeni matematici obligă să se pună premisele cu limpezime şi precizie. Formularea precisă a premiselor face posibilă revizuirea previziunilor şi sporirea validităţii lor ex-ante.

Verificarea exactităţii premiselor se face cu ajutorul unor studii tehnice şi economice. Această metodă face posibil să se obţină o viziune a viitorului mai îndepărtat şi să se verifice dacă sînt îndeplinite în toate cazurile condiţiile cerute pentru aplicarea metodelor de previziune pe termen mediu. Validitatea ex-ante a previziunilor pe termen lung, stabilite cu această metodă, trebuie considerată cu un grad limitat de încredere, cu toate că este superioară unei simple extrapolări a tendinţelor.

Nu trebuie să se piardă niciodată din vedere faptul că nici o previziune nu este absolut sigură, indiferent dacă este vorba de previziuni pe termen mediu sau pe termen lung. În mod paradoxal, posibilitatea unor erori se poate considera ca un criteriu al rigurozităţii metodei adoptate pentru determinarea previziunii. Această incertitudine inerentă a tuturor previziunilor conduce pe cei mai mulţi autori la aplicarea paralelă a mai multor metode pentru confruntarea rezultatelor obţinute pe diverse căi.

A 6. Unele aspecte ale alimentării cu căldură a complexelor de sere mari pentru legume

M. Voinea, N. David şi *V. Athanasovici* (România)

Se prezintă pe scurt unele aspecte specifice ale alimentării cu căldură a marilor ansambluri pentru producerea de legume în sere. Dezvoltarea ansamblurilor de sere pentru producţia de legume este indicată pentru arii de 6—50 ha, existînd tendinţa de a le extinde în viitor pînă la 100 ha. Realizarea unor ansambluri atît de mari comportă vîrfuri de consumuri orare de căldură pentru încălzire şi ventilare de la 15 la 140 Gcal/h.

Raportul prezintă — ţinînd seamă de caracteristicile termice ale construcţiilor — influenţa anumitor factori specifici principali, ca temperatura exterioară, radiaţia soarelui şi vîntul, asupra valorii variaţiei orare, precum şi a necesarului de căldură pentru sere în condiţiile climatice particulare ale României. Găsirea soluţiei optime pentru alimentarea cu căldură a marilor ansambluri de sere pentru producţia de legume a constituit obiectul unor studii relativ complexe, ale căror concluzii au indicat ca soluţie optimă producţia combinată de energie electrică şi de căldură.

Raportul prezintă soluţiile aplicate în cadrul ansamblurilor situate în apropiere de Arad şi de Ploieşti. Particularităţile cererii de căldură la aceste sere sînt satisfăcute în ceea ce priveşte variaţia şi continuitatea, încadrîndu-se în acelaşi timp în condiţiile-limită tehnice şi economice ale sistemelor de termoficare ale oraşelor respective.

Ţinînd seamă de avantajele tehnice şi economice generale, precum şi de economiile de combustibil realizate în acest mod, experienţa pozitivă cîştigată pînă acum va fi continuată şi dezvoltată, deoarece dezvoltarea producţiei de legume are perspective favorabile.

A 7. Probleme speciale privind condiţiile de alimentare cu energie electrică a marilor combinate siderurgice şi chimice

E. Constantinescu, G. Moraite, E. Pavel, T. Comănescu şi *I. Pavoni* (România)

Se expun cîteva probleme apărute cu ocazia elaborării proiectelor şi în cursul exploatării unor combinate industriale în România. Studiul trece în revistă schemele de alimentare cu energie electrică, precum şi unele automatizări introduse în staţiile de transformare.

Se tratează de asemenea :

— comportarea motoarelor sincrone de mare putere (1—12 MW) la variaţii de tensiune şi posibilitatea de a asigura continuitatea necesară în funcţionarea lor ;

— menţinerea în stare de funcţionare a grupurilor generatoare de contrapresiune la întreruperea legăturii cu reţeaua electrică ;

— rezultatele anumitor măsuri luate împotriva poluării atmosferei la diferitele combinate chimice ;

— măsurile ce urmează a fi luate în scopul asigurării continuităţii în funcţionare a receptorilor electrici, a căror întrerupere poate conduce la deteriorări ale utilajului sau la producţia de deşeuri.

Se descriu de asemenea unele soluţii adoptate în România pentru rezolvarea unora dintre aceste probleme, precum şi temele unor cercetări actuale.

A 8. Consideraţii asupra optimizării raportului căldură/energie electrică în instalaţiile combinate ale marilor ansambluri industriale

A. Buscaglione şi *L. Chiappa* (Italia)

Raportul îşi propune să analizeze, pe baza unor considerente tehnico-economice, domeniul de aplicaţie a instalaţiilor combinate de căldură şi energie electrică, în cadrul unor realizări recente din Italia. Se consideră, în primul rînd, instalaţiile bazate numai pe unităţi cu contrapresiune, în raport cu nevoile de abur ale proceselor tehnologice industriale, pentru grupuri de 50 MW şi altele, pentru care se expune un anumit număr de scheme-tip.

În al doilea rînd, se consideră instalaţiile de tipul celor cu priză şi condensaţie. În afară de diferitele exigenţe pur tehnice, care cer adesea în mod imperativ adăugarea la turbina cu contrapresiune pură a unei părţi de joasă presiune, cercetările sînt limitate la problemele economice în ipoteza posibilităţii unei alegeri libere a tipului de echipament. Elementul de comparaţie este stabilit considerîndu-se ca soluţie alternativă producţia de energie electrică de către marile unităţi termoelectrice de pură condensaţie. Comparaţia permite să se stabilească limitele care reprezintă, în cadrul ipotezelor adoptate, un ansamblu de concluzii cu totul obiective.

B 2. Alimentarea cu căldură a unor exploatări industriale şi cartiere de locuit, de către o centrală electrică de termoficare

L. Forgo, J. Halzl şi *M. Torma* (Ungaria)

Autorii compară cazul alimentării combinate cu căldură a unor consumatori industriali şi a unor cartiere de locuit, de către o centrală de termoficare comună, cu acela în care căldura este livrată separat acestor două categorii de consumatori prin centrale independente, pe baza unui sistem dat de distribuţie industrială şi urbană.

Rezultatele studiului dovedesc univoc că, într-un sistem combinat de alimentare a unor consumatori industriali şi a locuinţelor, costurile sînt considerabil mai reduse decît în cazul cînd alimentarea acestor două categorii de consumatori se face separat.

Se trec în revistă factorii care explică reducerea costurilor anuale.

Este evident că avantajele economice ale alimentării combinate cu căldură a industriei şi a reţelei urbane se răsfrîng şi asupra rentabilităţii încălzirii urbane în comparaţie cu mijloacele moderne de încălzire individuală.

Comparaţia costurilor specifice ale căldurii produse prin diferitele mijloace de încălzire individuală cu acelea care corespund sistemelor indicate în raport arată că încălzirea urbană alimentată de o centrală electrică independentă sau de o centrală termică de apă caldă nu poate concura procedeele moderne de încălzire individuală.

Dacă însă cererile de căldură ale industriei şi reţelei urbane sînt acoperite de o centrală de termoficre exploatată ca centrală de vîrf, cum se propune în raport, costul căldurii reţelei urbane va fi inferior costului încălzirii prin instalaţii individuale. Un alt avantaj al alimentării reţelei de încălzire urbană printr-o centrală de termoficare, în comparaţie cu mijloacele individuale de încălzire, constă în aceea că locuinţele sînt integral încălzite, iar cantitatea de căldură livrată sub formă de apă caldă pentru scopuri menajere este mai mare. Metoda de încălzire combinată nu numai că este, prin urmare, mai economică, dar ea reprezintă un progres în raport cu metodele de încălzire individuală.

B 4. Probleme în legătură cu limitarea consumului în reţelele buclate

I. Dohar (Ungaria)

Raportorul descrie centrala termoelectrică Kelenföld-Budapesta, care alimentează cu căldură 30 mii de locuinţe şi circa 60 de consumatori industriali. După terminarea ei, centrala este prevăzută să livreze în total 1261 Tcal/an sub formă de abur la 12 şi 16 atmosfere şi apă caldă la 180/80, respectiv 130/70 °C. Se vor produce, de asemenea, 240 GWh/an, raportul între energie electrică şi căldură fiind prin urmare de 190 kWh/Gcal. În 1967 centrala a livrat circa 700 Tcal. Se arată experienţele acumulate în timpul exploatării. Concluziile arată că este necesar să se stabilizeze consumul cu ajutorul unor instalaţii centralizate, recurgîndu-se simultan, în cazul unor condiţii favorabile, la adăugarea sau eliminarea unor agenţi termici. În ceea ce priveşte problema vîrfului anual de sarcină termică, este convenabil să se ia în considerare creşterea parametrilor aburului şi a temperaturii apei. Autorul consideră că aceste două procedee pot să permită reducerea cheltuielilor totale. Hotărîrea asupra posibilităţilor de a le reduce depinde de o evaluare minuţioasă a condiţiilor în fiecare caz particular şi este, fără îndoială, interesant să se facă aceasta pentru fiecare zonă sau regiune industrială importantă.

B 5. Utilitatea recuperării condensatului în zone industriale mari

Ch. Stenpień şi *E. Wujcicki* (Polonia)

Valoarea economică a condensatului recuperat trebuie să fie analizată, la proiectarea sistemelor centralizate de alimentare cu abur pentru scopuri industriale, în fiecare caz particular în parte, în raport cu condiţiile locale date. Ea depinde de un număr de factori, între care în special cantitatea de condensat returnat, calitatea apei brute, costurile circuitului de condensat, posibilitatea de utilizare a condensatului pentru diferite scopuri productive, gradul de poluare a condensatului şi durata de serviciu a circuitului de condensat. Nu sînt determinabile prin urmare limitele în care pot fi justificate metode speciale de proiectare a ciclului de condensare. După rezultatele practice de pînă acum, se poate afirma că, în general, în condiţii medii de amplasare a consumatorilor de abur, recuperarea condensatului la sursa de căldură devine problematică dacă cantitatea totală este mai mică de 40—50 %.

Adesea este economic să se recupereze condensatul numai de la consumatorii situaţi în imediata apropiere a centralei termoelectrice, în special cînd se pot restitui cantităţi relativ mari de condensat.

În cazurile cînd reţeaua de abur este alimentată de diferite surse de căldură, este avantajos să se returneze condensatul la acea sursă la care costul tratării apei este cel mai ridicat. Durata de utilizare a circuitului de condensat constituie un factor important la determinarea economicităţii recuperării condensatului. Durata de serviciu poate fi considerabil mărită prin instalarea unot filtre cu o masă activă de şpan de oţel, la fiecare întreprindere racordată, care restituie condensatul. Absenţa drenajelor conductelor de abur racordate direct cu circuitul de condensat permite să se prelungească în mod substanţial durata de funcţionare a acestora.

B 6. Probleme de organizare şi coordonare legate de utilizarea raţională a căldurii în industrie

J. Mandel şi *J. Wujcicki* (Polonia)

Autorii descriu caracteristicile dezvoltării cererii de căldură pentru scopuri industriale în Polonia între anii 1961—1965, precum şi dezvoltarea viitoare pînă în anul 1985, luînd în considerare şi modul de acoperire prin diferite mijloace. În cursul anului 1965, centralele termoelectrice au produs circa jumătate din căldura consumată de industrie; în viitor, această contribuţie se va ridica la circa 2/3.

Creşterea cererii de căldură pentru scopuri industriale a fost studiată în vederea organizării Direcţiei economiei combustibilului şi energiei în Polonia. Funcţia de organ superior în acest domeniu a fost acordată Ministerului Minelor şi Energiei. Acesta îşi exercită funcţia cu ajutorul inspectoratului de stat pentru economia combustibilului şi a energiei. Sfera vastă de atribuţii a permis să se definească principii uniforme ale politicii în domeniul combustibilului şi al energiei, prin stabilirea instrucţiunilor de exploatare a instalaţiilor energetice şi a condiţiilor tehnice pentru concepţia şi construcţia instalaţiilor energetice, precum şi pentru aprobarea lucrărilor de investiţii, prin autorizarea exploatării şi determinarea debitelor instalaţiilor energetice, verificarea modului de exploatare a instalaţiilor etc.

Au fost obţinute rezultate deosebite în domeniul concentrării şi creşterii randamentului general al producţiei de căldură.

Autorii dovedesc că, în condiţiile din Polonia, construirea unor centrale de termoficare nu este justificată în cazul cînd cererea de căldură nu depăşeşte 100 000 Gcal/an pentru încălzit şi 50 000 Gcal/an pentru scopuri tehnologice.

Se arată şi efectele economice generale obţinute în domeniul economiei energetice datorită introducerii avizării obligatorii a planurilor de investiţii şi a documentaţiilor tehnice de către inspectoratul de stat pentru economia combustibilului şi a energiei.

B 7. Alimentarea industriei cu căldură. Exemplul centralei de termoficare industrială Belsko-Biala

J. Pietczyk şi *J. Szubra* (Polonia)

Se arată rezultatele obţinute în cursul a 15 ani de planificare şi construcţie a reţelei termice a oraşului Belsko-Biala. Oraşul, situat în sudul Poloniei, cu o populaţie de circa 100 mii de locuitori, cu industrie concentrată, în special textilă şi de materiale electrice, dispunea iniţial de circa 150 cazane, depăşite tehnic şi puţin rentabile, instalate în diferitele uzine. Reţeaua termică realizată pînă acum şi dezvoltarea viitoare a acesteia rezultă din următoarele date :

Caracteristici	U. M.	1961	1966	1970	1975
Puterea electrică a centralei de termoficare industrială	MW	50	70	100	100
Puterea termică a centralei	Gcal/h	150	215	320	440
Lungimea reţelei principale de termoficare	km	15	25	40	50
Producţia anuală a centralei	Tcal	224	728	1000	1200
Numărul exploatărilor industriale recordate la reţea		30	90	110	120
Clădiri comunale şi locuinţe alimentate de centrală	10^3 m^3	350	350	1100	2100

Se dau date privitoare la instalaţiile aflate în exploatare ale centralei de termoficare, precum şi asupra programului de extindere. Raportul pune în evidenţă şi avantajele centralizării într-o singură întreprindere a investiţiilor şi a costurilor de exploatare pentru producerea de energie termică.

B 8. Un exemplu de probleme puse de crearea unei reţele de termoficare pentru alimentarea cu căldură a industriei şi a cartierelor de locuit : oraşul Lodz

M. Bober şi *Z. Szyda* (Polonia)

Raportul descrie metodele de producere a căldurii pentru scopuri industriale şi încălzire urbană, aplicate în oraşul Lodz, înainte de realizarea sistemului de termoficare urbană.

Se expun principalele motive care au dus la adoptarea sistemului de termoficare : condiţiile tehnice nesatisfăcătoare ale multor cazane, care nu erau în stare să asigure exploatarea neîntreruptă a atelierelor industriale, indicele redus de utilizare a cazanelor (media anuală circa 0,5), gradul ridicat de poluare a atmosferei, consumul ridicat de căldură şi creşterea prevăzută pentru acest consum.

Se dau date asupra celor două centrale electrice de termoficare aflate actualmente în exploatare, care alimentează cu abur 150 de întreprinderi industriale, al căror consum de căldură corespunde la circa 550 t/h abur, şi circa 1500 imobile comunale, care absorb circa 330 Gcal/h. Reţeaua de termoficare este în curs de extindere. A treia centrală de termoficare este în curs de construcţie, a patra este în curs de proiectare. Se arată dezvoltarea tehnică a noilor centrale.

Raportul trece în revistă aspecte tehnice şi economice ale problemei exploatării surselor vechi de căldură în combinaţie cu noile centrale de termoficare industrială, pentru alimentarea cu abur a consumatorilor. În legătură cu aceasta, se analizează factorii termici, limitele lor de aplicare în sistemul de termoficare din Lodz şi parametrii teoretici corespunzători.

Se relatează despre rezultatele preliminare obţinute în exploatarea cu două tipuri principale de izolaţie termică, utilizate în reţelele termice din Lodz, şi anume vată de sticlă lipită de conducte şi beton celular turnat în canale.

În încheiere se descriu rezultatele economice principale ale introducerii sistemului de termoficare urbană şi industrială la Lodz şi se arată indicatorii tehnici şi economici corespunzători pentru anul 1966.

B 9. Limitele inferioare ale rentabilităţii producţiei combinate de căldură şi energie electrică în industrie

J. Marecki (Polonia)

Prima parte a raportului descrie diferitele metode utilizate pentru analizarea rentabilităţii producţiei combinate de căldură şi de electricitate. Pentru determinarea limitei inferioare în cazul producţiei combinate, s-a adoptat o metodă bazată pe comparaţia centralei luate în considerare, producătoare de căldură şi de electricitate, cu un sistem energetic echivalent, compus dintr-o centrală electrică de condensaţie şi o centrală termică industrială. Comparaţia nu este posibilă decît dacă efectele sînt aceleaşi în cele două cazuri. Trebuie să se realizeze o echivalenţă în ceea ce priveşte cantitatea şi calitatea energiei electrice şi căldurii produse.

Costul anual al producţiei combinate, ca şi acel al producţiei în instalaţii separate, cuprinde costurile fixe, care depind de cheltuielile de investiţii, costurile reparaţiilor capitale şi ale reparaţiilor curente şi, în fine, costurile combustibilului şi al manoperei. În calcul, costurile de investiţii au fost considerate ca dependente de puterea grupurilor generatoare, cu un exponent fracţionar. Calculul costurilor anuale face posibilă obţinerea unei funcţii-criteriu, care reprezintă diferenţa relativă a costurilor dintre producţia separată şi producţia combinată $\Delta K_r/K_r$, sau $\Delta K_r = K_r + K_{rc} - K_{rq}$ (K_{re} = costul de producţie al energiei electrice în centrala de condensaţie; K_{rc} = costul de producţie al căldurii în instalaţii de încălzire industriale ; K_{rq} = costul de producţie al energiei electrice şi al căldurii în centrala combinată). Dacă producţia combinată este rentabilă, relaţia trebuie să fie $\Delta K_r > 0$.

Calculul diferenţei relative a costurilor $\Delta K_r/K_r$ a fost efectuat cu un calculator electronic al Centrului de calcul al Universităţii tehnice din Gdansk. Programul permite studierea variaţiilor funcţiei reprezentînd criteriul pentru una din variabilele următoare :

1. durate de funcţionare a sarcinii termice de vîrf ;
2. costuri de investiţii ale centralei combinate ;
3. costuri de combustibil ale centralei producătoare de căldură şi de energie electrică şi ale centralei de condensaţie echivalentă ;
4. cota dobînzii, variabilă care are o importanţă decisivă în ce priveşte valoarea relativă a costurilor fixe anuale.

Pentru fiecare variantă se poate calcula o valoare a variabilei studiate, în aşa fel încît $\Delta K_r/K_r = 0$. Această valoare corespunde la limita inferioară a rentabilităţii producţiei combinate.

Cu ajutorul programului descris au fost întocmite calcule pentru diferite centrale de contrapresiune echipate cu două cazane de 10, 16, 32 şi 70 t/h şi o turbină de contrapresiune de putere corespunzătoare. Diferenţa relativă a costurilor $\Delta K_r/K_r$ este reprezentată sub forma unei funcţii de diferite variabile, care determină limita inferioară a rentabilităţii. Dispozitivele folosite variază — după cum este vorba, de abur, care îşi cedează căldura latentă, sau de lichide, care cedează căldura lor fizică. Fabricarea contoarelor a fost mult îmbunătăţită, dar se pare că mai sînt de făcut progrese mari pentru a ajunge la gradul de sensibilitate şi de precizie a contoarelor electrice, de exemplu. Alegerea contoarelor este foarte importantă.

În unele cazuri, metoda de facturare forfetară permite să nu se utilizeze contoare, dar este vorba de cazuri cu totul particulare, care nu pot fi generalizate, în special pentru aplicaţii industriale.

B 10. Centrala electrică de termoficare Mannheim-Nord funcționînd cu deșeuri menajere (Exemplu de cooperare între servicii publice și întreprinderi industriale pentru producția economică de energie electrică, de abur pentru scopuri tehnologice și pentru alimentarea cu căldură la distanță)

H. Winkens și *F. Ebert* (R. F. a Germaniei)

Centrala de termoficare industrială Mannheim-Nord, care este alimentată și cu deșeuri menajere, este caracterizată de faptul că o bună parte din funcții sînt combinate. Ea aparține în parte rafinăriei de petrol „Erdölraffinerie”—Mannheim (ERM), societate particulară, și în parte societății „Energie und Wasserwerke”-Rhein-Necker AG (RNAG), filială a întreprinderii municipale de distribuție „Stadtwerke”-Mannheim; aceasta din urmă, în cooperare cu serviciile municipale de lucrări publice, a adăugat la centrală un incinerator de deșeuri menajere pentru orașul Mannheim. Prin construirea și exploatarea în comun s-au putut realiza reduceri importante de investiții (s-au instalat unități mai mari, se utilizează în comun echipamentul de rezervă etc.) și s-au redus substanțial și costurile de exploatare. În modul acesta s-au putut fixa parametrii aburului viu la 120 at și 525°C, ceea ce permite să se producă în regim de contrapresiune mari cantități de energie electrică. Încorporarea incineratorului de deșeuri menajere garantează în mod continuu utilizarea economică a aburului rezultat pentru producerea de energie electrică combinată cu alimentarea cu abur a rețelei de transport la distanță.

Centrala electrică de termoficare a fost amplasată în imediata apropiere a rafinăriei. Instalațiile care aparțin ERM (un cazan de 64 t/h, alimentat cu păcură, un grup cu contrapresiune de 11 MW, un grup de 2,5 MW cu condensație, care poate funcționa și separat numai pentru serviciile auxiliare ale centralei) alimentează centrala cu cantitățile de abur și de energie electrică ce pot fi obținute în producție combinată. Apa de alimentare pentru cazanele recuperatoare de căldură ale rafinăriei este livrată, de altfel, tot de centrală (tratată și încălzită la 235 °C). RNAG livrează, de asemenea, cantități suplimentare de energie electrică și abur.

În condițiile locale recuperarea condensatului din rafinărie, ca și de la consumatorii de căldură ai RNAG nu este rentabilă. Centrala Mannheim-Nord livrează acum mai mult de o treime din necesarul total de căldură pentru încălzirea la distanță. Livrările de căldură au fost mult sporite în ultimul an, datorită faptului că, în afară de rețeaua de alimentare cu abur care există deja la industriile situate la sud de marea centrală de la Mannheim, s-a instalat în 1959 și rețeaua de termoficare urbană a orașului, alimentată, de asemenea, de această centrală. Partea ce aparține RNAG a centralei Mannheim-Nord deservește în special industriile amplasate la nordul orașului. Se utilizează, din acest motiv, abur cu parametrii de 20 și 7 at ca agent de transport al căldurii. În plus, centrala trebuie să satisfacă și partea de nord a rețelei de termoficare urbană a orașului, precum și o altă rețea de încălzire urbană. Centrala a devenit, prin urmare, un al doilea centru de alimentare pentru încălzirea la distanță în partea de nord-vest a orașului Mannheim. Un al treilea centru este prevăzut în partea de nord-est a orașului, unde se găsește în curs de construcție o centrală termică pentru un nou cartier suburban. Ulterior, această centrală termică se va putea extinde pentru a deveni o centrală de termoficare.

În centrala Mannheim-Nord, RNAG a instalat, de asemenea, în afară de cazanul de 64 t/h alimentat cu păcură, destinat ca rezervă, un cazan de 100 t/h, alimentat cu păcură, și două cazane de 40 t/h, pentru incinerarea deșeurilor menajere, care și ele pot fi alimentate cu păcură. În anii următori se vor instala încă un cazan alimentat cu păcură și un incinerator de deșeuri menajere. Actualmente se găsesc în curs de exploatare un grup turboalternator de 18,5 MW, două turbine cu contrapresiune combinate cu un generator și un grup de condensație de 5 MW. Se vor mai instala alte două turbine cu contrapresiune.

Una dintre problemele speciale ale proiectării centralei a fost aceea de a se prevedea posibilitatea de extindere a fiecăreia dintre cele trei părți dincolo de limitele luate acum în considerare.

Ținînd seamă de gradul extrem de poluare a aerului din această zonă, intens populată, centrala electrică de termoficare Mannheim-Nord va avea o importanță mare pentru sănătatea populației, întrucît ea reduce deja disiparea în atmosferă a unei cantități de 1000—2000 tone de bioxid de sulf anual.

B 11. Rețeaua de distribuție de căldură. Posturi de alimentare cu contoare

M. Lacroix și *R. Narjot* (Franța)

Raportul trece în revistă, pe scurt, diferiții agenți termici utilizați la transportul căldurii și caracteristicile generale ale conductelor folosite pentru transportarea lor.

Particularitatea esențială a rețelelor de distribuție de căldură rezidă în temperatura fluidului, care impune: izolarea termică a conductelor și dispozitive pentru preluarea dilatării. Aceste două cerințe condiționează concepția și realizarea rețelelor.

Modul de instalare a conductelor care sînt destinate rețelelor aeriene, în canale sau în galerii în clădiri, sau îngropate, precum și piesele de dilatare sînt studiate mai în detaliu. În cazul compensării așa-zis naturale, se utilizează flexibilitatea țevăriei pentru compensarea dilatației. În alte cazuri trebuie să se folosească compensatoare, care prezintă anumite avantaje, dar care se pare că nu constituie singura soluție generală de adoptat.

Dacă aparent rețelele aeriene nu pun probleme, desigur că se pot realiza progrese importante în ceea ce privește rețelele în canale; în raport cu modul de construcție a acestor canale, costurile pot varia destul de mult; se menționează procedee de construcție care actualmente par destul de interesante.

De mult timp se fac încercări de a suprima canalele și de a îngropa conductele de distribuție de căldură direct în pămînt, în vederea reducerii costurilor de construcție. Cînd se vor găsi soluții tehnice cu totul satisfăcătoare pentru aceasta, se poate considera că s-a realizat un mare progres. Se descriu diferite soluții cunoscute actualmente și se semnalează inconvenientele. Se menționează, în special, cazul rețelelor amplasate în terenuri umede și al rețelelor amplasate în terenuri inundabile.

La posturile de alimentare unde se livrează căldură consumatorilor, problema cea mai importantă o constituie contoarele de căldură.

B 12. Alimentarea cu căldură și energie electrică a unui ansamblu industrial la Harburg

E. Tremba (R. F. a Germaniei)

La reconstrucția ansamblului industrial de la Harburg s-a făcut uz de posibilitatea de a grupa cererea de căldură și de energie electrică a mai multor întreprinderi industriale. Centrala termică Harburg a fost construită inițial pentru a alimenta două rafinării. Apariția altor consumatori a dus la dezvoltarea centralei, care actualmente are o putere de 60 MW și un debit de 422 t/h abur la cinci presiuni diferite.

La început, centrala a funcționat cu cărbune pulverizat, iar ulterior s-a asigurat și alimentarea cu gaze de rafinărie și reziduuri de distilație.

Separarea fluxului de căldură în două circuite distincte, unite prin schimbătoare de căldură, a fost abandonată în cursul exploatării. A fost instalat un echipament larg dimensionat pentru demineralizarea apei; aburul este livrat consumatorilor în stare pură și poate fi utilizat în contact direct cu articolele alimentare produse.

Regularitatea alimentării este de cea mai mare importanță și au fost luate toate măsurile pentru asigurarea ei. Inundațiile din februarie 1962 și un alt accident în 1965 au dus la luarea unor măsuri tehnice și organizatorice care corespund celor mai riguroase norme de securitate.

Rafinăriile pot livra combustibil la centrală la prețuri pe care le fixează ele și pot influența în acest mod prețul energiei electrice și al căldurii pe care le cumpără.

B 13. O centrală electrică de termoficare industrială
W. Fichtner (R. F. a Germaniei)

Prima parte a raportului enumeră condiţiile în care este economic şi practic să se instaleze o centrală comună pentru mai mulţi consumatori industriali. Principalele elemente care trebuie avute în vedere sînt raportul dintre energia electrică şi consumul de căldură şi raportul dintre preţul combustibilului şi preţul energiei electrice cumpărate. Durata de utilizare a sarcinii de vîrf şi simultaneitatea orelor de vîrf a consumatorilor prezintă, de asemenea, o mare importanţă. Cu cît consumul de energie provenind de la o centrală comună este mai mare şi mai constant, cu atît se pot acoperi distanţe mai mari în condiţii de rentabilitate. Cazul ideal al unui nou ansamblu industrial dispunînd de un sistem comun de producţie de energie trebuie comparat cu acela al mai multor exploatări industriale echipate diferit : care nu au nici o conexiune între ele pentru alimentare cu energie electrică şi căldură, sau au o conexiune tehnic depăşită, sau eventual chiar un sistem relativ modern.

În orice caz trebuie să se decidă dacă avantajele unui sistem modern cu o centrală comună cu producţie mare de energie electrică (gradient de căldură ridicat, reîncălzire, preîncălzire regenerativă, costuri de investiţii iniţiale mai reduse, reducerea costurilor de exploatare) justifică cheltuielile de investiţii. Investigaţii foarte precise, cu date detaliate prin proiecte, sînt necesare dacă unele din valorile critice menţionate mai sus sînt defavorabile. Un proiect corespunzător acestor condiţii marginale este descris în partea a doua a raportului.

Patru fabrici aparţinînd toate industriei hîrtiei şi a pastei de hîrtie trebuie aprovizionate în comun (a patra uzină numai cu energie electrică). Agentul de transmisie a căldurii este aburul ; distanţele de parcurs sînt relativ mari, dar cantitatea de abur este considerabilă şi numărul de ore de utilizare este ridicat, coincizînd într-o măsură mare. Faptul că la diferiţi consumatori există grupuri de contrapresiune şi că preţul de cumpărare a energiei electrice livrate de reţeaua publică este relativ redus pledează în favoarea instalaţiilor existente în locul unei centrale comune. Cu toate că s-ar putea reduce costurile de exploatare într-o măsură destul de mare, nu este posibil să se amortizeze investiţiile necesare într-un termen suficient de scurt.

Oricum situaţia se va schimba de îndată ce preţul energiei electrice se va ridica la nivelul preţurilor medii europene, cum se poate întrevedea din dezvoltarea cooperării internaţionale pentru producţia de energie electrică. Un grafic arată interacţiunea acestor factori diferiţi, variabila fiind preţul combustibilului.

B 14. Alimentarea cu căldură şi energie electrică a industriei hîrtiei şi celulozei
G. Berg (Suedia)

Studiul analizează diferite probleme care se pun la proiectarea şi exploatarea marilor centrale pentru producţia de abur în industria hîrtiei şi celulozei. Se desprind concluziile următoare :

— Este de mare importanţă să se aleagă locul de amplasare a centralei electrice în cadrul unui ansamblu industrial. Centrala ar trebui să fie instalată pe cît posibil în afara acestui ansamblu.

— Faţă de avantajul unui sistem centralizat de alimentare cu abur, ar fi convenabil să se evite descentralizarea producerii de abur.

— În afară de cazanele de abur şi turbine, centralele electrice ar trebui să cuprindă şi cazane recuperatoare şi, eventual, instalaţii de evaporare.

— Trebuie să se ţină seamă, la concepţia şi alegerea echipamentului folosit pentru tratarea şi arderea deşeurilor de lemn, de cantităţile de deşeuri lemnoase pe care se consideră că se va putea conta pe viitor. În principiu ar trebui să se ardă deşeurile de lemn pe măsura producţiei lor, pentru a se evita stocarea lor în exterior.

— Presiunea şi temperatura aburului în cazanele noi ar trebui să fie cît mai ridicate, pentru a asigura producţia optimă de energie electrică în turbine cu contrapresiune. Pentru cazanele recuperatoare de sodiu, adoptarea de presiuni mai mari de 70 at ar trebui să ofere avantaje economice deosebite pentru producţia de energie, în măsură să compenseze riscul unei coroziuni mai mari a cazanului.

— Problemele puse de instalarea unei turbine cu contrapresiune trebuie examinate cu ocazia înnoirii cazanelor de abur sau a cazanelor recuperatoare. Este vorba în special de amplasarea turbinei, de legătura dintre cazan şi turbină şi de distribuţia aburului şi a energiei electrice.

— La cazane suficient de mari, de exemplu de 100 t/h abur, este cazul să se ia în considerare soluţia bloc—cazan—turbină.

Modul în care aceste recomandări pot fi aplicate va depinde de condiţiile locale ale uzinei, de spaţiul disponibil, de consideraţii de investiţii şi în special de natura proiectului, după cum este cazul să se construiască o uzină nouă pe teren nou sau să se extindă o instalaţie existentă.

B 15. Distribuţia de energie într-o uzină siderurgică integrată
R. Delsing şi *J. Boere* (Olanda)

Raportul tratează distribuţia de energie electrică la înaltă tensiune în extinderile recente ale furnalelor înalte şi oţelăriei Societăţii regale olandeze de la Ijmuiden, uzină situată în apropierea litoralului. Se relevă anumite aspecte tehnice şi economice şi se descriu principalele instalaţii de distribuţie.

Extinderea a constat dintr-un laminor de tablă la cald şi un laminor bluming, cu care producţia de oţel creşte anual de la 2,8 milioane tone la 4 milioane tone. Consumul de energie electrică va ajunge la 1,5 TWh pe an cu o putere absorbită (înregistrată în sferturi de oră) cuprinsă între 220 şi 240 MW.

Analizînd datele pe ultimii zece ani, se constată că producţia anuală s-a mărit practic de patru ori, în timp ce consumul de energie n-a crescut decît de 2,8 ori. Aceste cifre reflectă efectul automatizării asupra productivităţii.

Raportul conţine detalii privind producţia proprie de energie electrică, respectiv energia cumpărată, alegerea sistemului de alimentare şi distribuţie, nivelul tensiunilor pentru sistemele de distribuţie şi alegerea întreruptoarelor.

Pentru reţeaua de distribuţie a fost aleasă o schemă radială, ţinîndu-se seamă de densitatea relativ ridicată a consumului pe km^2. Tensiunile principale sînt 150 kV şi 50 kV, reţeaua fiind executată în cabluri subterane. Marile motoare de curent continuu, cu puteri unitare mergînd pînă la 10 MW, sînt alimentate direct din reţeaua de 50 kV, prin intermediul unor transformatoare şi redresoare.

Condiţiile climatice, apropierea litoralului şi emisiile poluante ale uzinei au jucat un rol hotărîtor la concepţia şi echiparea staţiei principale de distribuţie.

Anumite elemente au fost concepute în mod special pentru acest proiect, avînd în vedere exigenţele deosebite în ce priveşte economia de spaţiu.

Cu ocazia alegerii sistemului de alimentare au fost întocmite studii foarte detaliate în scopul de a menţine costurile de investiţii la un nivel scăzut. Simplificările tehnice făcute au adus unele economii, fără însă să compromită continuitatea alimentării cu energie.

B 16. Influenţa coşurilor de fum înalte asupra bioxidului de sulf la nivelul solului
O. Meyer (R. F. a Germaniei)

Desulfurarea directă a gazelor de ardere ale instalaţiei de încălzire nu se poate efectua actualmente decît cu costuri ridicate, care fac ca operaţia să nu fie rentabilă. În vederea limitării concentraţiei de bioxid de sulf la nivelul solului, practic nu se poate face altceva decît să se evacueze gazele în atmosferă prin coşuri de fum cît mai înalte. Pentru acest motiv a fost adoptată în 1964 în R. F. a Germaniei o lege care prevede obligativitatea calculării înălţimii pe care trebuie să o aibă coşurile de fum. Comparaţii recente ale concentraţiilor calculate şi ale concentraţiilor efective de bioxid de sulf la nivelul solului au dovedit că concentraţiile reale sînt superioare celor calculate. Pentru acest motiv a fost pusă la punct o nouă metodă perfecţionată de calcul : ea ţine seama de condiţiile meteorologice diferite la diversele amplasări ale centralelor. Dacă emisiile de bioxid de sulf sînt aceleaşi după aplicarea acestei noi metode, în viitor se vor putea construi, în regiunile în care condiţiile meteorologice sînt favorabile, coşuri considerabil mai puţin înalte decît în zonele în care condiţiile meteorologice sînt nefavorabile.

B 17. Unele posibilităţi de aprovizionare cu energie (căldură, frig, energie electrică) a ansamblurilor industriale, demonstrate pe baza unor instalaţii realizate în Elveţia

R. Gfeller (Elveţia)

Oricare ansamblu industrial modern consumă în general un anumit număr de feluri de energii, ca, de exemplu :

— energie electrică pentru motoare, iluminat etc. ;

— energie termică pentru procese tehnologice, ca şi pentru încălzitul localurilor ;

— energie termică în gama temperaturilor joase (frig) pentru procese tehnologice şi pentru instalaţii de aer condiţionat ;

— energie sub formă de aer comprimat pentru diferite scopuri.

În cursul dezvoltării ansamblurilor industriale dispozitivele pentru producerea acestor energii, care la început s-au aflat în apropiere de locul utilizării lor, şi prin urmare pînă la urmă dispersate oarecum la întîmplare, au fost tot mai mult centralizate pentru a deveni adevărate inimi de funcţionare ale uzinelor, de unde energiile sînt distribuite pînă la locul de consum, prin reţele extinse de transport.

Această centralizare a devenit obligatorie pentru a se putea reduce personalul de supraveghere, greu de găsit şi costisitor, pentru a mări randamentul producţiei de energie cu unităţi mai mari şi mai moderne şi în acelaşi timp pentru a economisi teren, ale cărui suprafeţe au devenit adesea limitate.

O dată cu descrierea unor realizări fizice, raportul demonstrează soluţiile alese în diferite condiţii de consum de energie ale diferitelor uzine :

1. Centrala electrică de termoficare dintr-o fabrică de celuloză de lemn : centrală de abur de medie presiune, producînd curent electric cu turbine cu contrapresiune şi abur tehnologic de diferite presiuni. Schema centralei cu acumulator de abur încorporat.

2. Centrala de alimentare cu energie a unei uzine chimice la Basel : coordonarea şi centralizarea tuturor instalaţiilor de producere de energie (energie electrică, abur, apă supraîncălzită, frig, aer comprimat, apă potabilă). Se indică de asemenea dezvoltarea istorică a acestei centrale, schema de principiu etc.

3. Centrala electrică de termoficare a unei uzine de maşini la Winterthur : centrală termică, combinată cu un grup generator cu contrapresiune, acumulator de apă supraîncălzită şi apă caldă, reţea de distribuţie. Se dau de asemenea date asupra încălzirii prin radiaţie a marilor hale de fabricaţie.

4. Centrala electrică şi de termoficare urbană a oraşului Berna : combinaţia unei centrale termice de termoficare urbană, pentru producţia de energie electrică de vîrf, şi a unei uzine de ardere a deşeurilor menajere. Se prezintă şi descrierea schemei generale.

5. Centrala termoelectrică pentru o uzină de cauciuc şi trefilerie : particularitatea constă în arderea deşeurilor de fabricaţie, pe lîngă combustibili lichizi şi solizi. Prezintă particularitatea amplasării unor cazane adecvate, dintre care unu pentru exploatare fără supraveghere continuă.

6. Centrale termice cu apă supraîncălzită : centrale echipate cu cazane concepute special pentru producţie de apă supraîncălzită, cu circuit închis.

7. Instalaţii combinate pentru producţie de energie electrică şi de căldură cu circuit gaze-abur ; instalaţie echipată cu o turbină cu gaze cu circuit deschis, combinată cu un cazan recuperator, producînd căldură pentru încălzirea localului sau pentru scopuri tehnologice.

B 18. Aspecte caracteristice ale alimentării cu energie a marilor ansambluri industriale

I. D. Stăncescu, V. Nitu, V. Antonescu, A. Mişu (România)

Procesul de industrializare a României se desfăşoară într-un ritm rapid, care a condus la realizarea unor importante industrii şi grupuri de industrii, cu consum ridicat de energie în diferite forme. Asemenea ansambluri au în mod uzual o sursă comună de energie electrică şi de căldură, o centrală de termoficare pentru producţia combinată de căldură şi energie electrică care reprezintă în acelaşi timp un element important al sistemului electroenergetic naţional. Obiectivul constă în utilizarea optimă a resurselor de energie în ansamblul respectiv ; utilizarea raţională a resurselor energetice secundare capătă în această legătură o importanţă deosebită.

Concepţia alimentării cu energie electrică şi căldură a căpătat o fundamentare unitară, ţinîndu-se seama de condiţiile concrete ale fiecărui ansamblu şi ale fiecărui consumator, în special în ce priveşte continuitatea alimentării cu energie şi calitatea acesteia.

Alegerea soluţiei optime se face plecîndu-se de la calcule tehnice şi economice comparative, privind soluţiile echivalente din punctul de vedere al efectului lor energetic. În calcule se ţine seamă în special de efectul economiilor de combustibil care pot fi realizate prin producţie combinată de căldură şi energie electrică.

Separat de alimentarea cu energie electrică şi căldură, unităţile grupate în marile ansambluri sînt legate între ele prin diferite conducte de alimentare cu apă industrială, apă tratată, combustibil, produse chimice etc.

Ideile generale ale alimentării cu energie a marilor ansambluri industriale sînt ilustrate prin cîteva date privind Combinatul metalurgic Galaţi, Complexul industrial Borzeşti şi serele de legume.

B. 19. Contribuţii la studiul echipamentului centralelor termoelectrice echipate cu turbine cu contrapresiune sau cu condensaţie şi prize

C. Burducea, D. Renţea, C. Goldenberg şi *R. Dumitrache* (România)

Raportul prezintă, o dată cu demonstrarea importanţei economice pe care o are alegerea tipului de turbine pentru centrale cu producţie combinată de energie electrică şi de căldură, modul de determinare a variantei optime de echipament pentru şapte grupuri de consum tehnologic de căldură diferenţiat în raport cu debitul orar maxim şi caracteristicile agentului termic.

Decizii optime referitoare la echipamentul centralei sînt prezentate în mod comparativ, în ipoteza că prelevările de căldură anunţate sînt realizate în mod sigur sau că sînt cunoscute limitele variaţiilor în cazul unei situaţii reale în care datele de consum de căldură, debitul orar maxim sau durata anuală de utilizare a debitului maxim riscă să nu fie atinse.

Se apelează la teoria deciziilor, asimilîndu-se căutarea soluţiei optime cu ,,jocul contra naturii'' cu aplicarea criteriilor Savage şi Hurwicz. Rezultatele obţinute confirmă în general linia care este aplicată în România în ceea ce priveşte alegerea variantelor de echipament pentru centrale, şi anume :

— pentru debitele reduse, inferioare celui de 100 t/h, este mai economic să se utilizeze turbine cu contrapresiune ;

— pentru debite mai mari şi pe măsura creşterii acestora, turbinele cu contrapresiune pot fi admise numai în cazurile în care consumul este asigurat pentru durate mari de utilizare. Cele mai multe situaţii acordă prioritate turbinelor cu condensaţie şi prize.

B 20. Particularităţile alimentării cu căldură a marilor ansambluri industriale

N. Vasilescu, C. Fodor şi *N. Terdiman* (România)

Ritmul intens al dezvoltării planificate a economiei naţionale române conduce la realizarea unor mari ansambluri industriale, o concepţie care, în afară de avantajele unei cooperări pe plan tehnologic, creează condiţii favorabile pentru alimentarea cu energie electrică şi pentru producţia combinată de energie electrică şi de căldură, din centrale echipate cu unităţi de putere mare cu parametri ridicaţi ai aburului.

Cu ocazia realizării centralelor electrice pentru producţia combinată de energie electrică şi de căldură, trebuie să se ţină seamă de un număr de elemente specifice şi importante, dintre care se enumeră :

— diversitatea caracteristicilor agentului termic (abur sau apă caldă), variaţia în timp a consumurilor orare şi sezoniere şi creşterea lor în timp, ca urmare a punerii în funcţiune a unor noi capacităţi la consumatori ;

— cota-parte a încălzirii din consumul de căldură, care poate atinge uneori valori importante, în funcţie de amplasarea marilor ansambluri industriale în apropierea unor centre locuite ; construcţia ansamblurilor de seră joacă de asemenea un rol important în creşterea consumului pentru încălzit ;

— estimarea consumului de căldură înainte de a se definitiva soluţiile adoptate în stadiul final pentru industrii derivă, pe de o parte, din durata construcţiei centralelor şi, pe de altă parte, din necesitatea de a dispune de o sursă de energie înainte de punerea în funcţiune a consumatorului.

Aceste situaţii fortuite pot antrena consecinţe economice, ca indisponibilitatea puterilor în perioada iniţială a exploatării grupurilor de contrapresiune sau cu condensaţie şi prize reglabile, grupuri care în general nu pot debita puterea lor electrică nominală decît dacă livrarea de abur este suficient de mare, de unde provine necesitatea unei atenţii deosebite în special la alegerea turbinelor cu contrapresiune ;

— problema recuperării condensatului are o importanţă majoră, costul apei tratate variind între 7 şi 26% din costul căldurii, de unde provine importanţa unei bune gospodăriri a condensatului şi dezideratul unei ape brute cu salinitate redusă ; în general, utilizarea transformatoarelor de abur este judicioasă, cu condiţia să nu antreneze nici o creştere a presiunii la prizele turbinelor ;

— în marile centrale, rezerva necesară în cazuri de avarii este asigurată, fără investiţii suplimentare importante, prin diminuarea temporară a producţiei de energie electrică, precum şi prin reduceri aplicate în consumul pentru încălzit.

Cu toate problemele pe care le ridică, producţia combinată de energie electrică şi de căldură reprezintă o orientare importantă în procesul dezvoltării producţiei de energie în România, şi aceasta se confirmă chiar făcînd comparaţie cu puternicele grupuri cu condensaţie dintre cele mai moderne, prin avantajele de ordin tehnic, economic, social şi sanitar pe care le oferă.

B 21. Alimentarea cu căldură a complexului industrial Ploieşti-Sud

N. Nicolescu, *I. Ionescu* şi *P. Podaşcă* (România)

Raportul examinează diferite soluţii de alimentare cu căldură a complexului industrial Ploieşti-Sud şi în special condiţiile de transport al aburului la distanţă.

Complexul industrial Ploieşti-Sud cuprinde trei zone : zona industrială Brazi, zona industrială Ploieşti-Sud şi zona industrială Brazi-Tătărani. Consumatorii acestor zone industriale solicită abur la 7 — 65 ata şi apă la 150—170 °C. Sursa de căldură care trebuie să facă faţă cererilor zonelor industriale care constituie complexul industrial Ploieşti-Sud este centrala electrică de termoficare Brazi-Ploieşti, situată în centrul zonei industriale de la Brazi. În vederea asigurării căldurii pentru consumatorii din cele trei zone care depind de centrala de la Brazi, au fost constituite şi se află în exploatare patru canalizări principale independente ; primele două destinate să alimenteze cu căldură zona industrială Brazi, celelalte pentru alimentarea cu căldură a zonelor industriale Ploieşti-Sud şi Brazi-Tătărani.

Alimentarea cu căldură, indiferent dacă agentul termic este abur sau apă caldă, a consumatorilor din zonele Brazi şi Brazi-Tătărani a pus probleme speciale în ce priveşte transportul agentului termic spre zonele de consum. Zona complexului Ploieşti-Sud prezintă, în schimb, probleme deosebite, aburul trebuind să fie livrat la puncte îndepărtate de surse, cu respectarea caracteristicilor tehnice arătate de consumator.

Alimentarea cu abur a zonei Ploieşti-Sud trebuie să corespundă următoarelor condiţii :

— regularitate garantată în tot cursul anului ;

— menţinerea caracteristicilor minime admisibile ale aburului pînă la sediul consumatorului în condiţii în care consumul suferă fluctuaţii mari ;

— în caz de avarii pe unul din canale, alimentarea trebuie garantată cu 70% din debitul maxim de abur cerut de consumatori.

Raportul descrie şi soluţiile luate în considerare cu ocazia studiului proiectului pentru livrarea de abur în condiţiile arătate mai sus.

Ultima parte a raportului se ocupă de caracteristicile tehnice şi economice ale canalizării principale de alimentare cu abur la distanţă, precum şi cu rezultatele exploatării sistemului de alimentare cu căldură constituit de reţeaua termică a complexului Ploieşti-Sud.

B 22. Centrale electrice de termoficare de mare putere pentru alimentarea marilor ansambluri industriale

E. Bran, *C. Moţoiu* şi *M. Vintilescu* (România)

Se prezintă sistematic dezvoltarea centralelor electrice industriale care alimentează marile ansambluri industriale din România. Trăsăturile comune ale centralelor se caracterizează prin :

— gradul ridicat de siguranţă al aprovizionării cu abur a consumatorilor ;

— obligativitatea unei exploatări simple ;

— o amplă variaţie a sarcinilor termice şi electrice în raport cu extinderea procesului de fabricaţie pe care trebuie să-l deservească ;

— cantităţile mari de apă, adică instalaţiile mari de tratare chimică a apei.

Se ajunge în felul acesta la soluţii complexe. Acestea comportă investiţii care, raportate la puterea electrică instalată, sînt cu 80—90% mai mari decît investiţiile pentru centralele cu condensaţie echivalente.

Raportul scoate în evidenţă că evoluţia eficienţei economice a acestor centrale nu atinge, la punerea în funcţiune a centralelor, valorile stabilite în proiect, dar eficienţa creşte în paralel cu creşterea şi stabilizarea consumului de căldură.

B. 23. Soluţii utilizate la realizarea instalaţiilor interioare de încălzire ale exploatărilor industriale din România

M. Beldiman, *C. Haloiu* şi *I. Dragomir* (România)

Raportul prezintă o descriere generală a principalelor soluţii utilizate în România pentru realizarea instalaţiilor interioare de căldură ale exploatărilor industriale.

În raport cu diferitele sisteme constructive adoptate, precum şi în funcţie de dimensiunile halelor industriale, se arată aspectele tehnice şi economice ale următoarelor soluţii pentru încălzit :

— încălzire cu corpuri statice de încălzit ;

— încălzire prin radiaţie ;

— încălzire prin aer cald.

Încălzirea prin radiaţie prezintă avantajul economiei de combustibil, dar este limitată în anumite hale industriale care au spaţiul ocupat de alte instalaţii sau care sînt foarte înalte şi cu poduri rulante. Încălzirea cu aer cald poate fi realizată cu ajutorul aerotermelor în instalaţiile centrale pentru prepararea de aer cald sau prin condiţionarea aerului.

B 24. Analiza întreruperilor accidentale şi planificate survenite în alimentarea cu energie electrică a unor mari ansambluri ale industriei chimice şi evaluarea avariilor legate de acestea

I. Mihai, *E. Costin* şi *Fl. Stoenescu* (România)

Ansamblurile moderne ale industriei chimice — element important al acţiunii de industrializare socialistă a României — constituie o majoritate între consumatorii care impun exigenţe severe în ce priveşte continuitatea aprovizionării lor cu energie electrică.

Autorii raportului şi-au propus să studieze aspectele cele mai importante ce decurg din întreruperile survenite în alimentarea cu energie electrică a acestor ansambluri şi efectele lor tehnice şi economice.

În acest scop se analizează comportarea în decurs de doi ani (1966 şi 1967) a instalaţiilor care asigură alimentarea cu energie electrică a mai multor unităţi ale industriei chimice. Au fost analizate de asemenea atît întreruperile incidentale, ca şi cele planificate în alimentarea cu energie electrică; aceste întreruperi au afectat total sau parţial funcţionarea consumatorilor luaţi în considerare.

Din datele prezentate şi analizate în raport rezultă că pierderile economice specifice ocazionate de întreruperile incidentale prezintă valori foarte dispersate, ale căror medii anuale se situează între 5,25 şi 20,35 mii lei/MWh. Pierderile economice specifice care rezultă din întreruperile planificate oscilează între limite mai strînse a căror medie este de circa 4600 lei/MWh.

Datele privind producţia globală a unităţilor studiate sînt de asemenea prezentate, producţia fiind raportată la consumul total de energie electrică al unităţilor industriale luate în considerare. Se estimează că aceste date sînt utile pentru evaluarea siguranţei de funcţionare a instalaţiilor de alimentare cu energie electrică a ansamblurilor industriei chimice şi pentru lucrările ce trebuie făcute în vederea unei raţionalizări a instalaţiilor lor electrice.

B 25. Criterii de siguranţă a alimentării cu energie a marilor consumatori industriali

V. I. Nitu, H. Albert şi *M. Brădescu* (România)

Raportul prezintă criteriile de siguranţă în exploatare exprimate sub forma unor indici numerici care pot fi utilizaţi la compararea diferitelor variante pentru alimentarea unor consumatori industriali. Indicii au fost determinaţi ţinîndu-se seamă de diversitatea proceselor tehnologice şi de prevederile obligatorii privitoare la alimentarea din reţea a consumatorilor industriali.

Determinarea indicilor menţionaţi este bazată pe teoria proceselor stochastice de tipul Markov, modul de aplicare fiind ilustrat pentru un anumit număr de cazuri practice.

Pe baza aceluiaşi model matematic se prezintă o analiză a directivelor de urmat din punctul de vedere al siguranţei în exploatare, cu scopul determinării numărului liniilor de racordare cu reţeaua electrică, al precizării configuraţiei reţelei consumatorului şi aprecierii oportunităţii unor eventuale instalaţii de surse locale de energie.

Raportul conţine, de asemenea, o vedere de ansamblu şi unele concluzii asupra metodelor de apropriere a problemei alimentării cu energie electrică a consumatorilor, insistîndu-se în special asupra metodei matematice de analiză.

B 26. Regimuri deformante ale consumatorilor industriali de mare putere şi mijloace de combatere

A. Cristovici şi *Gh. Creţu* (România)

Dezvoltarea combinatelor metalurgice şi chimice, care utilizează un număr mare de aparate ce deformează curenţii sinusoidali, ridică problema studierii efectelor şi modului de limitare a armonicilor.

Raportul oferă rezultatele studiilor şi înregistrările regimurilor deformante, realizate la staţiile de alimentare cu energie ale unui combinat siderurgic. Spectrul armonicilor existente la barele staţiei de transformare respective, cu sau fără consumatorul branşat, arată că pentru efectuarea alegerii filtrelor trebuie să se ţină seamă de caracteristicile reţelei, ca şi de armonicile deja existente în aceasta.

Caracteristicile reţelei arată că există anumite configuraţii care modifică structura frecvenţei reţelei la barele consumatorilor. Liniile electrice de o anumită lungime au, de asemenea, efecte de filtru favorabile limitării armonicilor.

Raportul analizează şi efectul filtrelor montate la consumatori, respectiv distorsiunile tensiunii cu şi fără filtru.

B 27. Corelarea condiţiilor cerute de marii consumatori şi de reţeaua electrică privind golurile de tensiune şi şocurile de putere

P. Dimo, L. Groza, C. Mihăileanu şi *P. Iancovici* (România)

Marii consumatori de energie electrică impun reţelei adeseori condiţii speciale putînd constitui totodată surse de perturbaţii pentru restul reţelei.

Calitatea energiei electrice care le este livrată trebuie să corespundă anumitor criterii. Raportul prezintă unele concluzii bazate pe studiile făcute în institutele specializate din România în domeniul relaţiilor dintre reţea şi marii consumatori. Concluziile sînt următoarele:

— Studiul teoretic al stărilor posibile ale nodurilor reţelei este accesibil cu ajutorul analizei nodale şi a celor două concepte figurative ale acesteia.

— În reţelele actuale exigenţele consumatorilor privitoare la calitatea serviciului sînt în evoluţie, în special ca urmare a apariţiei anumitor consumatori de un tip nou şi a electronicii.

Actualmente nu există un punct de vedere general în ceea ce priveşte caracteristicile de dorit pentru anumiţi consumatori. Sînt propuşi noi indici pentru siguranţa şi calitatea serviciului $\left(\text{de tipul } \frac{\Delta Q}{\Delta U}, \text{ puterea de scurtcircuit a nodului etc.} \right)$, care pot fi deduşi prin calcul sau măsuraţi în reţele. Asemenea indici pot indica o evoluţie nouă în materie de siguranţă în alimentarea marilor consumatori.

— Printre măsurile generale de siguranţă în reţele se vor observa secţionările automate în caz de pericol, acestea trebuind să fie concepute ca ţinînd seamă, în aceeaşi măsură, de indicii caracteristici menţionaţi pentru obţinerea unei situaţii optime a calităţii serviciului în reţeaua astfel secţionată.

— Se propune să se continue şi să se dezvolte aceste studii asupra calităţii şi siguranţei serviciului marilor consumatori, pentru a stabili relaţii reciproce tehnice şi economice optime, atît pentru reţea cît şi pentru marii consumatori.

B 28. Problema compensării şi a şocurilor de putere reactivă la marii consumatori

I. Iordănescu, Gh. Creţu şi *M. Ciobanu* (România)

Raportul examinează aspectele problemei variaţiilor de tensiune în reţeaua electrică, variaţii datorate consumatorilor care produc şocuri de putere reactivă. În funcţie de tipul şi caracteristicile acestor consumatori se defineşte forma şi mărimea acestor şocuri.

Prin calcule şi înregistrări în reţea se verifică mărimea acestor şocuri şi se determină variaţiile de tensiune ţinîndu-se seamă de caracteristicile reţelei la nodul la care sînt racordaţi asemenea consumatori.

Măsurile ce trebuie luate sînt destinate reducerii variaţiilor de tensiune sub limita admisibilă pentru ceilalţi consumatori, o dată cu verificarea eficacităţii lor.

B 29. Influenţa dezvoltării consumatorilor industriali din România asupra curbei de sarcină

B. Marcu, G. Manolescu şi *A. Comşa* (România)

După al doilea război mondial, România a trecut la o industrializare intensivă, atît prin dezvoltarea ramurilor industriale existente cît şi prin crearea unor ramuri industriale noi. Avînd în vedere că industria preia o parte importantă din consumul total de energie electrică a reţelei române, efectele unei dezvoltări industriale rapide au fost reflectate în forma şi dimensiunile curbei de sarcină. În aceste condiţii s-a putut constata o aplatizare graduală a curbei de sarcină. Aceasta a reprezentat totodată contribuţia marilor consumatori caracterizaţi printr-o funcţionare continuă şi, pe de altă parte, urmarea punerii în practică a unei serii de măsuri de raţionalizare a consumului în timpul orelor de vîrf, măsuri privind organizarea, introducerea unor consumatori-tampon şi aplicarea unei politici tarifare.

Au fost adîncite în paralel cercetările asupra curbei de sarcină şi a componentelor sale, în căutarea metodelor de previziune în acest domeniu.

B 31. Factori tehnici şi economici hotărîtori

P. Perrin (Franţa)

Pentru alimentarea cu căldură a uzinelor, aerul cald este utilizabil numai excepţional şi trebuie să se recurgă în mod inevitabil la construirea unei centrale, de îndată ce instalaţiile ajung la o anumită mărime.

Există numeroase procedee de distribuire a căldurii. Peste 180°C se utilizează de obicei aburul sau apa caldă. Pentru a face alegerea între diferitele soluţii trebuie să se ţină cont de preţul combustibilului şi al energiei electrice, de previziunile de extindere, de investiţii şi de costul transformărilor, de condiţiile de finanţare şi de elementele deja existente. Chiar numai în uzinele Regiei Renault soluţiile alese au fost foarte diferite.

Factorii tehnici sînt în mod deosebit determinanţi pentru definirea instalaţiilor de producere simultană de căldură şi de energie electrică. Într-o papetărie, sînt o serie de factori, iar într-o uzină de construit automobile alţi factori capătă mai multă importanţă. Tarifarea aduce între altele o distorsiune importantă între curbele de putere recuperată şi curbele de economii corespunzătoare. Dacă se calculează acestea în funcţie de puterea nominală crescîndă a grupului de contrapresiune, se obţine o curbă care reprezintă un maxim. Poziţia acesteia se deplasează relativ puţin datorită amortizărilor sau unor noi consumatori, dar ea este în special sensibilă la curba de sarcină.

Factorii tehnici exteriori sînt : tarifarea, curba de sarcină, perioada de amortizare şi cuantumul dobînzii. Aceşti factori pot să producă variaţii de ordinul a 30% a puterii optime de instalat. Incertitudinea modificărilor care vor fi făcute curbei de sarcină prin dezvoltarea instalaţiilor contribuie de asemenea la determinarea soluţiilor ce trebuie reţinute. Ea poate conduce la stabilirea grupurilor la baza diagramei, completînd instalaţiile prin unităţi de vîrf de presiune medie. Rapiditatea dezvoltării, optimismul sau pesimismul în ce priveşte evoluţia viitoare vor justifica ulterior una sau cealaltă dintre soluţiile alese între grupurile de contrapresiune sau de medie presiune. Pentru zone industriale se pare că instalaţiile iniţiale trebuie prevăzute în funcţie de combustibil, cît timp necesităţile tehnice ale consumatorilor nu sînt definite cu precizie.

Instalaţiile particulare sînt definite în măsură mai mare decît centralele lui Electricité de France, în funcţie de trecut. În aceste instalaţii este înscrisă istoria tehnicii şi a dezvoltării întreprinderilor. O centrală de 32 at pentru o papetărie a fost completată în mod raţional în ultimii ani cu instalarea unui grup de contrapresiune de 129/32 at, sarcina grupurilor acestora fiind practic constantă în tot timpul anului. Centrala unei uzine de montaj de automobile, stabilită la 64 at, a funcţionat opt ani cu presiune redusă şi fără grup de contrapresiune, pînă ce aşa-zisul „tarif verde" a rentabilizat instalarea acestuia pentru alimentarea cu căldură a localurilor. Un al doilea grup de 64/10 at, pentru livrarea de abur industrial, a fost instalat pentru acţionarea unui compresor centrifug de debit mare. O a treia extensie, devenită necesară prin importanţa punctelor de încălzire, a fost realizată cu unităţi de 16 at, coeficientul de utilizare fiind prea redus pentru a acorda o rentabilitate satisfăcătoare acestor ultime unităţi.

Cota de rentabilitate care trebuie urmărită pentru industrie este de ordinul a 20%. Aceasta constituie un obiectiv greu de realizat pentru instalaţii al căror coeficient anual de utilizare este mai mic de 30%. Situaţia nu ar fi asemănătoare dacă finanţarea instalaţiilor electrice de contrapresiune ar fi fost studiată pe plan naţional într-un cadru cu mult mai extins. Ele s-ar situa pe acelaşi plan ca şi instalaţiile hidraulice al căror coeficient de utilizare este de acelaşi ordin.

Ţinînd seamă de dezvoltarea utilizării gazelor naturale, de condiţiile încă necunoscute ale căldurii de origine nucleară, tehnica instalaţiilor de contrapresiune riscă să fie depăşită destul de curînd.

B 33. Consideraţii asupra eficienţei economice şi siguranţei de funcţionare a instalaţiilor de producţie combinată de energie electrică şi de căldură. Cazul industriei petroliere din Franţa

J. C. Simonin (Franţa)

Realizarea centralelor care produc simultan aburul şi energia electrică necesare pentru un complex industrial este, ca regulă generală, în special în domeniul petrolier şi petrochimic, o operaţie al cărei interes pe planul siguranţei alimentării cu energie electrică este dublat de un mare interes pe plan economic. Se pare totuşi că actualmente nu este prevăzută în Franţa realizarea unor asemenea centrale în majoritatea rafinăriilor recent create sau în curs de construcţie. Interesul pentru asemenea centrale este totuşi evident :

1. Pe planul costului echipamentului :

— prin costul primei instalări, care, ţinînd seama de instalaţiile pentru producerea aburului de joasă presiune necesare în cazul inexistenţei centralei, este cu mult mai redus pe kilowatul instalat decît cel al marilor centrale ale reţelei publice ;

— prin costul instalării eventuale a unor grupuri de condensaţie pentru a utiliza rezervele de producţie de abur, care nu trebuie să ţină cont de investiţiile pentru încălzit.

2. Pe planul costurilor de exploatare :

— prin utilizarea unor turbine de contrapresiune care dau o consumaţie globală pentru producţia de energie electrică cu 40—50% inferioară celor mai bune centrale termoelectrice ale reţelei publice ;

— prin utilizarea unor combustibili eventual necomercializabili ;

— printr-un cost marginal foarte redus al personalului de exploatare.

3. Pe planul siguranţei în alimentare :

— prin posibilitatea apelării la reţeaua publică, care permite în modul acesta să se dispună de două surse separate de energie cu totul distincte ;

— prin posibilitatea de a utiliza, prin oprirea turbinelor cu condensaţie, alimentarea prin reţeaua publică pentru puterea electrică corespunzătoare, realizîndu-se în modul acesta o rezervă de abur.

Reducerea numărului de centrale industriale autonome în construcţiile noi de rafinării din Franţa nu pare a avea prin urmare decît motive de ordin economic. Acestea pot căpăta aspecte diferite, dar nu sînt în final decît ilustrarea faptului că la alegerea utilajului optim se întîmpină piedica posibilităţilor globale de investiţii. În perioadele în care acestea sînt limitate, în raport cu obiectivele de realizat, alegerea este orientată către soluţii mai uşoare, chiar dacă din aceasta decurg pentru viitor costuri de exploatare mai mari.

B 34. Utilizarea turbinelor cu gaze în instalaţiile combinate pentru producerea de abur şi de energie electrică. Interesul economic

R. Abgrall (Franţa)

Progresele realizate în construcţia turbinelor cu gaze au fost importante în ultimii ani (putere unitară, randament, ridicarea temperaturii de admisie, disponibilitate şi fiabilitate).

Temperatura ridicată a gazelor de ardere (400—500°C) şi conţinutul lor mare de oxigen (18% în greutate) permit diferite utilizări ale acestor gaze. Raportul examinează mai multe cicluri de producţie combinată de abur şi de energie electrică cu utilizarea unor turbine cu gaze:

— turbină cu gaze — cazan recuperator fără combustie ulterioară, cu sau fără producţie de energie electrică în turbină de abur cu contrapresiune;

— turbină cu gaze — cazan cu combustie ulterioară, cu sau fără producţie de energie în turbină de abur cu contrapresiune.

Se expun diferite exemple, în raport cu importanţa combustiei ulterioare, aceasta putînd să se extindă de la adaosul redus de combustibil pînă la utilizarea integrală a capacităţii de ardere a gazelor de eşapament. Se examinează influenţele diferiţilor factori asupra consumului caloric care trebuie afectat producţiei de energie electrică, în special pentru ciclurile cu cazan recuperator fără combustie ulterioară:

— temperatura şi debitul gazelor de eşapare;

— presiunea şi supraîncălzirea aburului;

— intervalul dintre temperatura gazelor şi temperatura apei la punctul de începere a evaporării în cazan;

— temperatura apei la intrarea în degazor şi în dispozitivele prevăzute pentru livrarea căldurii necesare pentru preîncălzirea apei în degazor;

— funcţionarea în paralel a turbinelor;

— posibilitatea de a schimba energia cu o reţea exterioară pentru a compensa variaţiile puterii maxime a turbinelor cu gaze în funcţie de temperatura exterioară.

Pentru fiecare ciclu examinat este dată o evaluare a consumului de căldură pe kilowatt brut.

În uzina care are nevoie de abur (sau de căldură sub altă formă: apă supraîncălzită) producţia de energie electrică cu ajutorul unor turbine cu gaze într-o instalaţie combinată poate fi interesantă dacă sînt îndeplinite următoarele condiţii:

— cantitatea totală de energie electrică nu poate fi produsă prin turbine cu contrapresiune;

— combustibilul care poate fi utilizat pentru turbinele cu gaze nu este cu mult mai scump decît combustibilul utilizat în cazane.

B 35. Reamenajarea progresivă a centralei termoelectrice Borsod pentru alimentarea cu căldură a oraşului Kazincbarcika şi a întreprinderilor industriale vecine, ţinînd seamă de problemele legate de producţia de apă de adaos

M. Andreko şi *M. Jarosi* (Ungaria)

La fel ca toate centralele încorporate recent în sistemul energetic ungar, centrala Borsod, echipată cu turbine cu condensaţie de 30,5 MW, a fost concepută ca centrală de bază. Prin punerea în funcţiune a unor noi centrale echipate cu grupuri de putere unitară ridicată şi în special prin marile unităţi care vor fi ridicate la finele deceniului, centrala va funcţiona din ce în ce mai mult în regimul său de vîrf, aşa că turbinele cu condensaţie vor fi utilizate în măsură mai redusă.

În paralel, centrala Borsod, care la început nu livra decît o cantitate neglijabilă de căldură, va începe să alimenteze cu căldură oraşul Kazincbarcika şi industriile învecinate. De fapt se constată creşterea rapidă a cererii de căldură a întreprinderilor industriale, şi în primul rînd a industriei chimice, instalate în apropierea centralei. Începînd din anul 1975 jumătate din consumul total de căldură va fi acoperit din această sursă. Raportul arată concepţia proiectelor menţionate mai sus, cu referire la perioada 1956—1975. Se expune modul de amenajare a centralei pentru livrarea de căldură în legătură cu soluţiile tehnice adoptate pentru diferitele etape, în special din punct de vedere al schemelor tehnice. Se scot în evidenţă avantajele pe care le oferă transformarea centralei depăşită tehnic, ca producătoare de energie electrică prin grupuri cu condensaţie, într-o centrală producătoare de abur pentru căldură.

Se descrie instalaţia de demineralizare, al cărei rol este compensarea pierderilor de apă condensată în reţeaua de alimentare cu căldură. Se studiază şi analizează detaliat problema recirculării apei demineralizate, a cărei importanţă este hotărîtoare pentru diferite tipuri de scheme termice ale centralelor. În această legătură se dau indicaţii asupra unor probleme relativ la exploatare şi riscul supraîncărcării. Sînt date, de asemenea, relaţii asupra soluţiilor adoptate pentru recuperarea căldurii, aplicate la reîncălzirea preliminară a apei brute, în special în cazul exploatării în regim de vîrf.

În afară de problemele de alimentare cu căldură, raportul se ocupă de problemele privind diferitele relaţii de cooperare între centrală şi întreprinderile învecinate, în special în ce priveşte livrarea de apă demineralizată. Se analizează pe scurt problemele livrărilor de energie electrică la consumatorii din regiune şi schemele de racordare corespunzătoare. De asemenea, se analizează indicatorii caracteristici ai consumului combinat de energie electrică şi de căldură, precum şi măsura în care este acoperită cererea.

B 36. Experienţa de exploatare a cazanelor de apă caldă

K. Remenyi (Ungaria)

După compararea cazanelor de abur şi a celor de apă caldă, se studiază în detaliu cazanul de apă caldă TPUM—50-I şi experienţa cîştigată în cursul exploatării, ajungîndu-se la următoarele concluzii:

1. Cazanul de apă caldă tip TPVM-50-I poate fi montat într-un timp scurt (2—3 luni) şi instalarea sa nu solicită decît investiţii reduse. Cazanul poate fi construit cu elemente de dimensiuni mari de tip deschis. Este suficientă protejarea pe înălţimea de 7 m; în partea protejată se poate instala echipamentul auxiliar şi aparatajul de control. Sala de comandă, destinată personalului de exploatare, poate fi situată într-o aripă alăturată.

2. Dacă se utilizează un număr relativ mare de arzătoare de capacitate mică, se poate efectua variaţia aproape liniară a sarcinii termice. Dacă fiecare arzător este echipat cu un ventilator individual de tip EVR, este posibil să se asigure o circulaţie optimă a aerului, în condiţii de sarcină variabilă.

3. Utilizarea cazanului este simplă, sigură şi rentabilă. Indicatorii tehnici şi economici sînt favorabili.

4. La studiul proiectului unui cazan destinat să fie alimentat cu păcură şi cu gaze se poate ţine cont de sarcina termică specifică, relativ ridicată, a volumului de încălzit. Chiar în timpul anotimpurilor în care se apelează la încălzit, cazanul nu poate funcţiona la sarcina maximă decît un timp foarte scurt.

5. La alimentarea cu păcură nu se poate menţine curăţenia suprafeţelor de încălzire ale părţii alimentate cu gaze decît printr-o cheltuială suplimentară ridicată. Dacă păcura are un conţinut ridicat de sulf, se corodează suprafeţele părţii de convecţie şi căptuşeala, ceea ce implică importante reparaţii. La alimentarea cu gaze aceste probleme sînt practic eliminate.

6. Datorită supleţei zidăriei se obţin soliditatea şi elasticitatea dorite. Opririle şi punerile în funcţiune frecvente nu provoacă deteriorări.

7. Randamentul termic al cazanului creşte la sarcini reduse, ceea ce corespunde condiţiilor impuse pentru un echipament de vîrf.

8. În anotimpurile în care nu este necesară încălzirea, suprafeţele de încălzire ale cazanului sînt protejate de coroziune prin ungere cu ulei mineral, iar ţevile prin umplerea cu apă degazată şi ţinerea lor sub presiune.

9. Reglajul exploatării cazanului, în conformitate cu cererile de căldură, se va efectua în viitor pe baza rezultatelor obţinute la experienţele făcute pe modele reproducînd comportarea locuinţelor faţă de condiţiile exterioare.

B. 37. Producţia de căldură şi de energie electrică pentru industrie. Studiu tehnic şi economic

H. Josephsson (Suedia)

Producerea proprie de energie electrică de către industrie este asociată tradiţional cu turbine cu contrapresiune. Acestea sînt uneori combinate cu unităţi de condensaţie de diverse tipuri, al căror rol este de a menţine echilibrul între cererea de energie şi aceea de căldură. De cîtva timp încoace se răspîndeşte tot mai mult utilizarea unei concepţii noi, a „energiei totale"; prin aceasta se înţelege un sistem care utilizează instalaţiile şi combustibilii adecvaţi pentru a satisface ansamblul cererilor de energie electrică, mecanică şi termică ale industriei. Interesul pentru această nouă concepţie s-a dezvoltat o dată cu punerea la punct, în cursul ultimilor ani, a tehnicilor moderne ale turbinelor cu gaze. Avînd în vedere această posibilitate nouă, industriile care iau în considerare producerea de energie electrică pentru nevoile lor proprii trebuie să decidă dacă ele vor folosi în acest scop turbine cu abur sau instalaţii de combustie internă (turbină cu gaze sau eventual motoare Diesel). În modul acesta, vechea metodă de producţie de energie electrică cu ajutorul turbinelor cu contrapresiune nu acoperă toate posibilităţile oferite, ceea ce conferă noii concepţii o utilitate incontestabilă.

Autorul examinează în mod simultan dacă stricta definiţie a „sistemului de energie totală'' este satisfăcătoare. O definiţie mai largă, care ar admite alimentarea parţială a industriei din reţeaua de distribuţie, ar acorda sistemului o valabilitate cu mult mai mare, fără să fie necesar să se modifice conceptul fundamental al energiei totale, după care producţia internă de energie mecanică sau electrică se obţine în cea mai mare măsură prin recuperarea energiei pierdute a sursei primare.

Raportul dă exemple de diferenţă dintre costurile de producţie de energie electrică după metodele clasice (centrale electrice) şi generatoarele industriale corespunzătoare, bazate pe principiul energiei totale. Se descriu avantajele economice care pot rezulta din aceasta pentru ţară şi pentru întreprindere. Întrucît tipul de industrie, structura industrială, tarifele de energie şi mulţi alţi factori joacă un rol determinant în ceea ce priveşte posibilităţile de stabilire a instalaţiilor de producere de energie totală într-o ţară dată sau într-o anumită industrie, aceste consideraţii nu au o valabilitate generală, dar ar trebui luate în seamă ca un exemplu de ce se poate obţine în condiţii favorabile.

Chiar dacă se pot dovedi avantajele economice pe care le oferă sistemul energiei totale pe plan general, survine adesea situaţia ca interesele economice ale diferitelor ramuri de activitate, printre care se găsesc de multe ori întreprinderi care produc exclusiv energie, să împiedice o exploatare rentabilă a sistemului. Raportul examinează măsurile administrative potrivite pentru înlăturarea unor obstacole de acest gen.

Ca urmare la recentele descoperiri ale zăcămintelor de gaze naturale, utilizarea turbinelor cu gaze a devenit un subiect de actualitate. Cu tot preţul relativ ridicat al gazelor naturale, fără îndoială superior celui al păcurei sau al cărbunelui pentru instalaţiile care nu se găsesc în apropierea zăcămintelor de gaze, este probabil că turbinele cu gaze vor fi atît de avantajoase încît preţul cel mai ridicat ar putea să fie găsit justificat. Gazele recuperate permit încălzirea directă în unele procese tehnologice (fără schimbător de căldură şi fără cazan alimentat cu gaze de recuperare). Durata medie a perioadei în care va putea funcţiona turbina fără revizie, relativ scurtă pentru turbine cu gaze în general, va fi considerabil mai lungă pentru turbinele de gaze alimentate cu gaze. Este foarte uşor şi puţin costisitor de a mări capacitatea de încălzire dacă trebuie să se facă faţă unor cereri de căldură prea mari în comparaţie cu o sarcină electrică determinată. În fine, raportul dintre producţia şi distribuţia de căldură este considerabil mai ridicat pentru turbinele cu gaze decît, de exemplu, pentru turbinele cu abur cu contrapresiune. Este extrem de avantajoasă valoarea ridicată a acestui raport; pentru procese tehnologice la temperaturi ridicate, această caracteristică este deosebit de importantă.

Una din dificultăţile principale care se întîmpină la instalarea unui sistem de energie total, în sensul mai larg sugerat mai sus, rezidă în realizarea unui echilibru între cererile de căldură şi cererile de energie electrică. Există numeroase soluţii ale acestei probleme, şi raportul conţine indicaţii privind consumul mediu de căldură în cazul sistemului de energie total pur, precum şi în acela al producţiei de energie cu scopuri de compensare. Raportul citează exemple de metode care permit un studiu simplificat al posibilităţilor de realizare, ţinînd seamă de diferiţii factori menţionaţi, de care depinde rentabilitatea instalaţiei.

Autorul acordă un loc important diverselor soluţii care se pot lua în considerare la proiectarea unei instalaţii cu turbine cu contrapresiune, precum şi schemelor care permit să se echilibreze cererile de căldură şi cererile de energie electrică. Se arată că determinarea dimensiunilor unei centrale prevăzute cu turbine cu contrapresiune trebuie bazată pe principiul unei producţii maxime de energie.

B 38. Studiu economic şi industrial al unei centrale mixte nucleare clasice — Calorel

Y. *Conquer* (*Franţa*)

Cînd este vorba de producţia exclusivă de energie electrică, căutarea rentabilităţii optime conduce la conceperea unor centrale uriaşe. În stadiul actual al tehnicii această tendinţă este şi mai marcată la centralele nuclearoelectrice. Pe lîngă aceste centrale foarte mari se constată totuşi, astăzi, dezvoltarea unor centrale electrice de termoficare de putere medie, care produc, cu turbine cu contrapresiune, energie electrică complementară, cu randament de 90%. Această producţie complementară, de trei ori mai puţin costisitoare decît aceea a grupurilor de condensaţie, asigură, combinată cu o împărţire a costurilor generale între producţiile de căldură şi de energie electrică, rentabilitatea acestor centrale medii.

Dacă se compară, în cazul acestor centrale mixte, interesele respective ale surselor de energie clasice şi ale reactoarelor nucleare, se constată că reactoarele nu se găsesc în poziţie dezavantajată în raport cu cazanele convenţionale ca în cazul turbinelor cu condensaţie, cu condiţia să atingă temperaturi de ordinul de 350°C. De fapt caracteristicile gazelor de eşapare de contrapresiune sînt de aşa natură că temperaturile ridicate de supraîncălzire — apanajul exclusiv al cazanelor — sînt ineficace dacă nu sînt însoţite de o ridicare simultană a presiunii; aceasta fiind practic limitată la circa 60 at pentru echipamentele curente de putere medie, reactoarele şi cazanele se găsesc practic puse pe picior de egalitate în ceea ce priveşte calitatea sursei de energie.

Energia nucleară, caracterizată prin sarcini grele de capital, dar de costuri de producţie proporţional reduse, este bine adaptată pentru livrarea de energie de bază. Pe de altă parte, cazanele clasice, în special de joasă presiune, sînt mai convenabile pentru livrarea energiei de vîrf.

Cum, de altfel, sursa de energie nu poate fi unică, pentru motive de siguranţă, centrala descrisă dispune de:

— un reactor nuclear de 200 MW_t cu un turboalternator de contrapresiune de 30 MW_e, care livrează la eşapare 160 MW_t reţelei de încălzit;

— o instalaţie de încălzit de 160 MW_t care poate alimenta direct reţeaua de încălzit cu 160 MW_t suplimentari.

Preţul proporţional al kWh electric produs prin energie nucleară de un ansamblu turboalternator de înaltă presiune-joasă presiune şi condensator este oricînd inferior celui mai scăzut tarif practicat de Electricité de France.

Interesul constă în exploatarea continuă a reactorului la puterea integrală, ca şi turbinele cu contrapresiune, principiu discutabil la cazanele clasice, şi de a se recupera energia excedentară de joasă presiune printr-un grup de condensaţie alimentat în paralel cu reţeaua de încălzit. Reglementarea se rezolvă şi în acest caz prin simpla partajare a energiei între reţeaua de încălzit şi grupul de joasă presiune. Exploatarea unei centrale nuclearoelectrice este prin urmare fundamental diferită de aceea a unei centrale clasice şi numai rezultatele financiare de ansamblu, obţinute la funcţionarea fiecărei centrale în conformitate cu criteriile ce-i aparţin, se pretează la comparaţii concludente. Comparaţia acestor balanţe, stabilite în funcţie de ipotezele precizate în raport, adevereşte interesul prezentat de soluţia mixtă nuclearo-clasică prezentată.

Utilizarea unui reactor termic de putere limitată pentru producţia de energie de bază a unei importante reţele de încălzire pentru industrii şi urbane apare acum rentabilă. Ea nu implică investiţii exagerate şi permite încercarea unui reactor cu caracteristici foarte modeste fără să se renunţe la rentabilitate. Aceste caracteristici foarte modeste precum şi utilizarea prevăzută cu putere nucleară constantă ar trebui să asigure o mare siguranţă în funcţionare.

Studiul descris este bazat pe cerinţele industriei constructoare de maşini şi în special ale industriei de automobile. El ar putea fi reconsiderat pentru fiecare tip de industrie. Modul de calcul aplicat în acest studiu provine din practica întreprinderilor.

Instalaţia descrisă, denumită Calorel, constituie o schemă ideală către care ar trebui să tindă studii mai aprofundate. Această schemă, modificată în raport cu noile cunoştinţe şi îmbunătăţită în ce priveşte costurile de investiţii, ar putea găsi o formă realizabilă în deceniul viitor.

De reţinut că, în studiu, energia electrică produsă prin condensaţie este rentabilă, ceea ce poate apărea neverosimil ; vom constata însă că reactorul rămîne cu această schemă în funcţiune cu sarcină aproape constantă şi că aburul după trecerea prin turbina de contrapresiune este ,,balansat'' între turbina de condensare, pe de o parte, şi reţeaua de încălzire industrială, pe de altă parte.

B 40. Influenţa alimentării cu energie asupra specializării şi amplasării locale a marilor ansambluri industriale

M. Kogan (U.R.S.S.)

Raportul tratează următoarele probleme privitoare la influenţa alimentării cu energie asupra formării şi amplasării locale a marilor ansambluri industriale :

— rolul energiei considerat ca unul dintre factorii specializării industriale a regiunilor ;

— repartizarea complexelor industriale cu specializare dată în raport cu resursele de energie în interiorul unor zone şi regiuni ale unor ţări.

Raportul prezintă un exemplu de clasificare a industriilor, diferenţiat prin nivelul consumurilor de energie, precum şi un studiu al caracteristicilor particulare ale specializării (în raport cu alimentarea cu energie) al ansamblurilor industriale în partea europeană a U.R.S.S. Se citează exemple de repartizare a surselor de energie electrică între marile complexe industriale.

B 41. Experienţa cîştigată la centrala electrică de termoficare nr. 3 din Minsk la aprovizionarea cu căldură a unor mari ansambluri industriale şi urbane

M. P. Slijevski (R.S.S. Bielorusă)

Raportul conţine o expunere a principalelor soluţii adoptate pentru construcţia uneia dintre cele mai importante centrale electrice de termoficare din R.S.S. Bielorusă şi diferite probleme de exploatare ale acesteia.

Centrala de termoficare nr. 3 din Minsk oferă un exemplu de soluţii care pot fi adoptate pentru livrarea şi distribuţia unei mari cantităţi de căldură produsă, transmisă în abur şi apă caldă, în condiţiile create de mărirea unor centrale situate în spaţiu limitat, cu ataşarea unor cazane de mare capacitate pentru sarcinile de vîrf.

Raportul descrie caracteristicile echipamentului pentru producţia de căldură a centralei şi modul de rezolvare a problemelor în legătură cu tratarea apei şi alimentarea la vîrf a reţelei termice ; se arată, de asemenea, regimurile fundamentale adoptate pentru distribuţia energiei termice în funcţie de condiţiile sarcinilor termice.

În contradicţie cu toate avantajele aprovizionării centralizate cu căldură, eficacitatea sistemului se reduce dacă nu se îndeplineşte un anumit număr de principii aflate la baza concepţiei exploatării centralelor electrice de termoficare. Raportul analizează, cu referire la exemplul dat de centrala de termoficare nr. 3 din Minsk, principalii factori constructivi şi de exploatare care determină rentabilitatea unor asemenea centrale. Se precizează în special influenţa anumitor factori, ca, de exemplu, acela al alegerii capacităţii termice a diferitelor unităţi, şi determinarea perioadei punerii lor în exploatare, ţinîndu-se seamă de evoluţia cererilor de căldură ale consumatorilor. Sînt examinate şi condiţiile distribuţiei sarcinilor termice şi electrice între grupuri, în cursul perioadelor caracteristice de funcţionare a centralei, precum şi influenţa altor factori de exploatare asupra relaţiilor dintre volumul producţiei de energie electrică şi cererile de căldură.

B 42. Alimentarea cu căldură a marilor întreprinderi industriale din R.S.S. Ucraineană prin producţia combinată de căldură şi energie electrică

T. Vişnevski (R. S. S. Ucraineană)

Raportul dă detalii asupra consumului de căldură în întreprinderi industriale. Se prezintă distribuţia parametrilor aburului utilizat în procese tehnologice pentru trei grupuri de întreprinderi, în funcţie de raportul dintre cantitatea de căldură preluată din totalul căldurii livrate, distingîndu-se trei grupe cu 85—90 %, 50 % şi 10 % din total.

Se prezintă, de asemenea, cele două scheme de alimentare centralizată cu căldură, utilizate actualmente. Raportul descrie avantajele şi condiţiile de utilizare ale unei scheme combinate de alimentare cu căldură. Primul dintre aceste avantaje este economia de combustibil, care se poate evalua la 15 kg MJ, adică o tonă pe an de fiecare kilowatt putere a centralei electrice de termoficare. Condiţia esenţială de utilizare a acestei scheme este un nivel suficient al cererii de căldură : aceasta reprezintă, în R.S.S. Ucraineană, 250—500 MW, ceea ce corespunde la o putere electrică de 50—150 MW. Raportul menţionează proiectele unor mari centrale cu putere termică de 2 000 — 2 500 MW şi putere electrică de 700 — 800 MW.

Se enumeră principalele elemente ale echipamentului marilor centrale termoelectrice moderne. El este însoţit de o expunere a principiilor care determină alegerea echipamentului de bază al unei centrale termoelectrice :

a) principiul termodinamic — garantarea producţiei maxime de energie electrică în raport cu consumul de căldură şi, în consecinţă, a pierderilor minime în turbine cu condensaţie ;

b) principiul economic şi realizarea unei sarcini date de energie electrică cu minimum de costuri.

Se reprezintă schema termică de principiu şi construcţia principală a unei centrale termoelectrice industriale moderne. Raportul conţine, de asemenea, o descriere a principalelor variante tehnice ale centralelor actualmente în construcţie sau în exploatare.

Autorul arată, în concluzie, că în U.R.S.S. crearea unor noi tipuri de echipamente şi de noi scheme ale alimentării cu căldură constituie obiectul unor studii constante. Cu titlu de exemplu se indică rezultatele cercetărilor făcute în probleme de actualitate, ca de exemplu aceea a instalării unor turbine cu gaze în centrale termoelectrice.

B 43. Utilizarea turbinelor cu gaze în marile ansambluri industriale

M. Widmer (Franţa)

După evocarea succintă a caracteristicilor turbinelor cu gaze (simplitate la instalare, fundaţii uşoare, consum redus de apă, costuri de investiţii scăzute, costuri de exploatare reduse), raportul compară cele două tipuri de instalaţii care pot fi propuse : turbina de combustie industrială, prevăzută pentru o durată de serviciu analogă cu aceea a centralelor clasice, turbina de detentă cu gaze, constituită din turboreactoare de aviaţie, de construcţie mai uşoară, corespunzînd unei durate de viaţă mai scurte.

În marile ansambluri industriale se oferă numeroase aplicaţii ale turbinelor cu gaze :

— ca grupe de bază :

  — în instalaţii industriale, pentru producţia de energie electrică şi de căldură, în combinaţie cu un cazan recuperator şi o turbină de abur cu contrapresiune ;

  — în industria siderurgică, pentru producţia de energie şi de vînt pentru oţelării şi furnale înalte ;

  — în centralele de termoficare urbană.

— ca grupuri de ajutor sau de vîrf programate pentru asigurarea continuităţii alimentării cu energie electrică ; în acest caz, alternatorul este prevăzut, în general, pentru funcţionare în regim de compensator sincron în timpul orelor de oprire a turbinei cu gaze şi livrează în modul acesta reţelei energie reactivă. Se indică un exemplu de instalare.

B 44. Unele aspecte tehnice şi economice ale livrării de apă de adaos pentru unităţile de producţie combinată de căldură şi de energie electrică

P. Aye şi *Duclos* (Franţa)

1. În vecinătatea marilor ansambluri industriale apa este uneori rară şi încărcată în mod natural, sau ca efect al poluării, cu substanţe minerale organice indezirabile.

2. Anumite scheme de producţie combinată de căldură şi de energie electrică (în special în cazurile în care fluidul termic este aburul), anumite exigenţe de utilizare, ca, de exemplu, obligaţia de a dispune de acest fluid la presiune şi temperaturi ridicate, sau imposibilitatea de a-l recupera după cedarea căldurii sale fizice, pot antrena consumuri importante de apă de adaos sau condiţii severe de funcţionare ale schimbătoarelor de căldură.

3. Dacă cele două situaţii, 1 şi 2, sînt reunite simultan, problemele apei de adaos pot să afecteze în mod serios condiţiile de exploatare a instalaţiilor şi pot să determine chiar alegerea echipamentului de adoptat.

4. Raportul conţine date privind trei experienţe industriale, realizate la scară foarte redusă, cu apă brută luată din Sena, la Paris, care au dus la rezultate foarte diferite :

a) La Ivry sur Seine, un grup aflat în exploatare de 15 ani livrează neto 35 MW în reţeaua Electricité de France şi 230 t/h de abur la 18 at şi 230°C reţelei Companiei franceze de încălzit urban.

Apa de condensare a acestui abur este în mare parte (90%) recuperat. Interesul economic al returului la uzină a agentului termic sub formă de apă de condensare abundentă şi de bună calitate este demonstrat în acest exemplu. Instalaţia în ansamblu are rezultate pe deplin satisfăcătoare, dar sistemul de tratare a apei este foarte delicat şi nu poate fi automatizat în întregime, fiind necesară prezenţa permanentă a unui supraveghetor.

b) La Gennevilliers, unde există o altă instalaţie care alimentează în circuit deschis exploatările industriale cu debite de 80—120 t/h abur la 230° C şi 21 at, producţia de abur prin schimbătoare de căldură alimentate cu apă demineralizată, preîncălzite prin prizele grupurilor auxiliare de producţie de energie electrică, a provocat asemenea probleme, prin coroziuni ale schimătoarelor, încît a fost necesară abandonarea acestui mod de producţie care a fost înlocuit printr-un cazan clasic.

c) La Vitry, o instalaţie de preparare de apă de adaos cu distilatoare ,,flash'' se găseşte în curs de exploatare de doi ani. Aici se utilizează ca sursă termică căldura reziduală a gazelor de ardere ale unui grup de 250 MW. Cu toate că procedeul deschide perspective de viitor foarte interesante pentru producţia de mari volume de apă de adaos cerută de instalaţiile combinate de producţia de căldură şi de energie electrică, problemele de protecţie a schimbătoarelor de căldură împotriva calcificării şi coroziunii şi acelea pe care le-ar aduce renunţarea eventuală (indispensabilă pentru ca procedeul să devină competitiv) la epurarea primară şi de finisare nu sînt încă rezolvate în condiţii tehnice şi economice satisfăcătoare.

5. Aceste expuneri sînt precedate de observaţii privind epurarea primară care decurge din experienţa de tratare a apelor foarte poluate ; ele se referă la utilitatea prefiltrării fine a apei înaintea oricărei tratări, înaintea la clorinare, interesul pentru recuperarea substanţelor.

6. În concluzie, autorii consideră că experienţele efectuate în condiţii foarte dificile nu ar trebui să conducă la concluzii pesimiste pe susţinătorii producţiei combinate de căldură şi energie electrică. Personalul de exploatare trebuie să fie foarte vigilent în ce priveşte starea conductelor. În prealabil este necesar să se studieze problema purificării apei chiar de la stadiul elaborării proiectelor pentru echipament.

B 45. Producţia combinată de căldură şi de energie electrică. Centrale industriale. Descrierea unor instalaţii franceze recente

Y. Teste (Franţa)

Realizarea unor centrale pentru producţia de căldură şi de energie electrică, care să deservească mari ansambluri industriale, pune probleme relativ complexe dacă se intenţionează să se obţină o soluţie optimă din centralizarea producţiei din punctul de vedere atît al economiei cît şi al continuităţii serviciului.

Aceste probleme pot fi rezolvate în condiţii perfecte datorită progreselor tehnice realizate la echipamentele corespunzătoare, în special în materie de automatizare.

Raportul aduce o nouă confirmare prin descrierea unei instalaţii realizate în Franţa pentru alimentarea cu abur a unei rafinării de petrol. Această instalaţie dă toate datele de bază necesare pentru realizarea instalaţiilor principale şi este în măsură să ofere prin aceasta orice informări care se cer în mod uzual unui prototip.

Producţia instalaţiei în funcţionare industrială este caracterizată prin datele următoare :

	at	*t/h*
— producţia de abur la :	48	64
	34	22
	14	75,6
	4	100,3

— producţia de energie electrică 22 MW.

B 46. Exemple de realizare de producţie combinată de căldură şi energie electrică în industrie în cooperare cu reţeaua publică a Electricité de France

H. Fournier şi *J. Spinart* (Franţa)

Raportul reaminteşte pe scurt problemele legate de stabilirea echilibrului energetic, producţie — consum, la o industrie care dispune de o producţie combinată de căldură şi energie electrică şi expune soluţiile pe care le oferă reţeaua publică în Franţa. Se trec succint în revistă modalităţile prevăzute pentru livrări de vîrf, pentru livrări de ajutor, şi, în fine, pentru cumpărarea excedentelor de producţie. Se arată, că, dacă mersul în paralel cu reţeaua publică aduce avantaje pentru industrie, trebuie îndeplinite totuşi anume măsuri de precauţie, în special în ceea ce priveşte procesele de producţie care au un grad înalt de siguranţă în alimentarea cu energie electrică.

În partea a doua se expun trei exemple de aplicare a soluţiilor indicate mai sus. Primul exemplu este acela al unei uzine de produse chimice care dispune de o centrală importantă de contrapresiune şi care are cereri mari de energie de vîrf. Al doilea exemplu se referă la o industrie petrochimică pentru care siguranţa livrării este esenţială, care îşi procură prin reţeaua publică energia de vîrf şi energia de rezervă necesară ; se expune pe scurt organizarea reţelei interioare a uzinei în vederea realizării siguranţei cerute. Al treilea exemplu, în fine, este acela al unei uzine care, după caz, are nevoie de energie de vîrf sau, dimpotrivă, dispune de excedente de energie.

B 47. Contribuţie la studiul ciclurilor mixte ale centralelor termoelectrice procurînd simultan abur şi energie electrică în rafinăriile de petrol

P. Senard (Franţa)

Raportul are ca obiect de a demonstra cum este posibil să se stabilească ecuaţiile de funcţionare a unui ciclu de abur în centrale producînd simultan abur şi energie electrică.

Se vizează în special ciclurile simple utilizate în general în rafinării de petrol, pentru producţie simultană de abur şi de energie electrică, dispunînd fie de grupuri cu contrapresiune, fie de grupuri cu condensaţie cu prize reglabile.

Raportul cuprinde două părţi :

— prima tinde să dezvolte consideraţii generale şi arată forma simplă a relaţiilor obişnuite, în genere, între diversele debite de abur şi puteri electrice obţinute, de exemplu, în cicluri cu grupuri cu condensaţie şi prize. Toate aceste relaţii sînt aproximativ liniare. Interesul lor se manifestă la toate stadiile unui proiect de centrală cu cicluri mixte. Ele pot servi celui care le exploatează, permiţînd verificarea datelor arătate de debitmetre şi favorizînd în modul acesta detectarea anomaliilor de funcţionare sau de măsurare ;

— a doua parte conţine exemple ale acestor relaţii stabilite în cazul a două cicluri mixte, unul de înaltă presiune produsă la 43 ata şi 405°C, celălalt cu abur de înaltă presiune produs la 65 ata şi 480°C, şi arată elementele de comparaţie care pot fi desprinse între cele două cicluri :

— costuri marginale ale kWh ;

— costuri marginale ale aburului ieşind spre rafinărie ;

— incidenţa debitelor anormale care se pot produce în exploatare, atît în interiorul centralei cît şi la exterior în reţelele de abur deservite.

Comparaţia dintre cele două cicluri se poate extinde, în fine, şi la consumul mediu de calorii în cazan de fiecare kWh produs la bornele alternatorului, în funcţie de debitul de abur solicitat în rafinărie.

Această ultimă comparaţie este stabilită prin asocierea, la fiecare din cele două cicluri, a unui ciclu care nu ar asigura decît cererile de abur cu excluderea oricărei producţii de electricitate. Se află în modul acesta, pentru media cererilor :

— cicluri mixte de 43 at la 405°C de ordinul a 2 200 kcal/kWh ;

— cicluri mixte de 65 at la 480°C de ordinul a 1900 kcal/kWh.

Cele mai bune centrale termoelectrice cu condensaţie realizează acum consumuri specifice de ordinul a 2 140 kcal/kWh.

În modul acesta este posibil să se pună în evidenţă interesul economic al ciclurilor mixte în care sînt asociate producţii de abur şi de energie electrică ; chiar în cazurile cele mai defavorabile în care ciclurile rămîn simple şi produc o parte din energia electrică prin condensaţie, în general în beneficiul siguranţei în exploatare.

B 48. Aprovizionarea industriei cu energie electrică şi abur prin centrale nuclearoelectrice

K. Schuller (R. F. a Germaniei)

Centralele nuclearoelectrice combinate care alimentează cu energie electrică simultan reţeaua de distribuţie publică şi industria, livrînd în acelaşi timp către industrie aburul de care are nevoie în scopuri tehnologice, vor prezenta avantaje economice şi tehnice remarcabile. Raportul caută să demonstreze aceasta cu ajutorul unui calcul termodinamic. Înainte de a începe studiul centralei nucleare combinate, autorul tratează despre influenţa sistemului de producţie de abur asupra producţiei de energie electrică, luînd ca exemplu o instalaţie simplă cu contrapresiune. Pentru mai multă claritate s-a utilizat o noţiune admisă în mod curent, aceea a producţiei specifice de energie electrică (MWh/Gcal).

Ceea ce caracterizează în mod esenţial centrala nuclearoelectrică este, pe de o parte, livrarea către industria locală a aburului care a servit la producţia de energie electrică în turbina cu contrapresiune şi, pe de altă parte, producţia unei părţi mai mari a energiei electrice totale în centrale cu condensaţie.

Unul dintre mijloacele de a asigura alimentarea uzinelor cu abur pentru scopuri industriale este instalarea unor generatoare de abur auxiliare alimentate cu combustibili fosili. Fără costuri adiţionale mari, aceste cazane auxiliare pot fi concepute în aşa mod încît să permită în acelaşi timp utilizarea lor ca unităţi de vîrf, atunci cînd reţeaua se află în sarcină maximă. Un exemplu numeric ilustrează avantajele economice care se pot obţine.

B 49. Staţii de comandă centralizată ale marilor reţele electrice ale uzinelor chimice

U. Butz şi *W. Baumann* (R.D.G.)

Avînd în vedere rolul din ce în ce mai important al energiei electrice, reglarea şi comanda reţelelor electrice, în continuă dezvoltare, trebuie să constituie obiectul unor măsuri care să permită creşterea regularităţii livrărilor de energie, evitarea deranjamentelor în reţele şi reducerea la minim a consecinţelor lor, indiferent dacă este vorba de reţelele publice sau de reţele independente ale întreprinderilor industriale. Ţinîndu-se seamă de problemele în legătură cu personalul de deservire, apare pînă la urmă tendinţa de a construi staţii de comandă centralizate pentru reţelele industriale. Staţii de acest fel nu pot fi comparate cu instalaţiile obişnuite, corespunzătoare ale centralelor termoelectrice, al căror rol este de a livra energie electrică şi de a lega centrala cu reţeaua interconectată şi care în ansamblu nu au sarcina distribuţiei energiei electrice la diferitele locuri de consum (motoare etc.). Se poate considera că staţiile de comandă corespund la două funcţii, care sînt producţia şi distribuţia de energie electrică ; prima este îndeplinită în centrala electrică şi camera ei de comandă şi a doua de reţeaua industrială şi staţia de comandă a acesteia. Autorii descriu problemele de psihologie a muncii care au survenit cu ocazia creării staţiei de comandă centralizată precum şi gradul de automatizare a comenzilor, a semnalizării şi a măsurătorilor. Ca exemplu se citează staţia de comandă a uneia din marile reţele industriale studiate şi instalate pentru o uzină petrochimică. Staţiile de comandă ale reţelelor industriale constituie primul pas către automatizarea exploatării reţelelor. Problema merită să i se acorde o atenţie deosebită. Expunerea menţionează, de asemenea, efectul favorabil al posturilor de comandă ale reţelelor industriale asupra caracteristicilor economice ale acestor reţele.

B 50. Aspectele economice ale producţiei pe scară mare de energie electrică şi de abur industrial cu ajutorul energiei nucleare

L. Green şi *J. Spitalnik* (AIEA Viena)

Producţia de energie electrică şi de căldură la costuri reduse şi competitive cu ajutorul reactoarelor nucleare moderne şi previziunile după care costurile vor fi mai avantajoase în viitor deschid un domeniu nou în utilizarea energiei electrice. Marile ansambluri de producţie de energie electrică cu scopuri multiple ar trebui echipate cu grupuri generatoare de energie electrică şi de căldură industrială, de mari dimensiuni.

Memoriul studiază economia producţiei de energie şi de căldură industrială în cantităţi mari cu ajutorul reactoarelor nucleare.

B 51. Nivelul presiunii apei în sistemele centralizate de încălzire

J. Valašek (Cehoslovacia)

Pentru asigurarea bunului mers şi regularităţii unui sistem de încălzire centralizată cu apă caldă, este absolut necesar să se menţină condiţiile de presiune adecvate, în conformitate cu diagramele de presiune.

Presiunea statică constantă a unui sistem care deserveşte o regiune determinată depinde de altitudinea acestei zone şi, în consecinţă, nu poate fi modificată.

În Cehoslovacia, pînă recent, presiunea statică constantă a fost reglată exclusiv cu ajutorul rezervoarelor de detentă clasice, chiar în cazul sistemelor care comportă reţele de distribuţie de căldură.

În realitate, utilizarea acestor mijloace clasice a fost sugerată prin practica încălzirii centrale ; ea s-a dovedit satisfăcătoare pentru reţelele mici de alimentare cu căldură la distanţă. Dar reţelele cu dimensiunile cele mai mari de distribuţie de apă caldă au nevoie de vase de expansiune foarte mari care sînt greu de instalat în camerele uzuale ale schimbătoarelor de căldură ; pe de altă parte, curba diagramei de presiune creşte continuu ; din aceasta rezultă o creştere a costurilor de investiţii nu numai pentru reţeaua de distribuţie a căldurii (presiunea nominală crescută în reţea) şi echipamentul sursei de căldură (presiunea nominală crescută la nivelul camerei schimbătoarelor de căldură sau a cazanelor), dar şi pentru substaţiile reţelei (de asemenea în urma condiţiilor de presiune nominală sporită). Din acest motiv se alege, în cazul marilor reţele, metoda cea mai scumpă de racordare a consumatorilor la reţeaua de distribuţie, adică metoda indirectă, care este dependentă de presiune : apa din reţea/reîncălzitor de apă a consumatorului (substaţie cu schimbătoare de căldură).

Pentru aceste motive este necesar să se găsească metodele cele mai judicioase şi mai potrivite care permit să se evite vasele de expansiune, prin înlocuirea lor cu dispozitive de reglare automată a presiunii prin funcţionarea continuă a pompelor de alimentare. Aceste pompe sînt identice cu pompele de apă de alimentare (care împing apa în vasul de expansiune) a sistemului clasic cu vas de expansiune.

Imperfecţiunile pe care le pot prezenta chiar şi aceste metode sînt eliminate şi presiunea este considerabil redusă, cu o serie de avantaje care rezultă din aceasta (dacă se utilizează sisteme cu presiune statică constantă, cuprinzînd un dispozitiv care reglează automat debitul cu ajutorul unor impulsuri provenind din conductele de apă caldă, adică din aval şi din amonte de pompele de circulaţie). Acest sistem a fost aplicat în Cehoslovacia la proiectarea a peste 50 de centrale electrice de termoficare şi a fost propus ca sistem standard pentru marile centrale de termoficare ale sistemelor de încălzire cu apă caldă.

C 2. Repartiția costurilor în unități economice cu producție eterogenă

L. Hibbey (Ungaria)

Raportul conţine o analiză a elaborării unui model al unei unităţi economice de producţie diversificată şi indică modul de elaborare a indicatorilor care caracterizează rezultatele întreprinderii.

Modelul poate fi aplicat la unităţi de talie şi tipuri diferite (maşini, ateliere, uzine, sectoare de energie, transport şi comunicaţii, sau chiar ansamblul economiei) şi se poate considera sistemul indicilor pentru evaluarea diferitelor nivele tehnice şi economice.

Raportul dă un exemplu de repartiţie a costurilor de investiţii pentru o centrală termică.

C 3. Dezvoltarea alimentării cu căldură și cu energie electrică a unei oțelării

A. Buch (R. F. a Germaniei)

Se poate afirma că uzina siderurgică este chiar tipul unei uzine cu mari cereri de energie, pentru satisfacerea cărora se pot utiliza oricare surse de energie şi toate mijloacele de producere de energie.

Întrucît costul energiei reprezintă între 20 şi 30% din costurile de producţie, trebuie să se acorde o atenţie specială raţionalizării utilizării energiei în uzinele siderurgice.

Într-o asemenea uzină la care principalii consumatori îi constituie furnalele înalte, oţelăriile şi laminoarele, costul energiei se poate reduce prin îmbunătăţirea funcţionării furnalelor înalte. Unul dintre mijloace constă în reducerea consumului de cocs pentru topirea minereului de fier. Se poate economisi, de asemenea, energie prin recuperarea unei cote cît mai mari din energia reziduală cum ar fi, de exemplu, prin utilizarea gazului de furnal şi a gazului de cocserie; sau prin echilibrarea necesarului de energie electrică şi de căldură cu producţia optimă de energie electrică prin turbine cu contrapresiune; sau prin producerea aburului la presiune mare şi temperaturi înalte; sau prin aplicarea unor metode de regenerare cu faze multiple pentru încălzirea apei de alimentare, şi, în fine, prin recuperarea condensatului cu o pierdere cît mai mică.

Raportul descrie măsurile luate timp de opt ani pentru raţionalizarea utilizării energiei, măsuri care au făcut posibile economii de circa 32%.

C 4. Influența prețului căldurii și al energiei electrice asupra finanțării investițiilor energetice în noul sistem de gestiune al economiei din Ungaria

J. Mira (Ungaria)

Este cunoscut, în general, că noul sistem de gestiune economică funcţionează în Ungaria de la data de 1 ianuarie 1968. Unul dintre principalele obiective ale sistemului este acela de a defini metodele unei politici de investiţii mai eficiente şi de a folosi în mod optim fondurile de investiţii disponibile la nivelul economiei naţionale.

Ritmul, proporţiile şi direcţia dezvoltării economiei naţionale sînt determinate în mod esenţial de investiţii. Structura economiei naţionale, dezvoltarea diferitelor ramuri ale economiei, precum şi condiţiile de producţie se schimbă în raport cu politica dusă în domeniul investiţiilor. Situaţia pieţii este şi ea influenţată direct de investiţii. În consecinţă, politica investiţiilor constituie unul dintre factorii hotărîtori ai dezvoltării economiei naţionale.

Mărirea fondurilor de imobilizare are o importanţă deosebită în domeniul industriei energiei electrice, care, în general, pretinde fonduri foarte importante, care se ridică la trei sau de patru ori investiţiile medii ale industriei.

Scopul esenţial al noului sistem de finanţare a investiţiilor este acela de a asigura independenţa şi libertatea întreprinderilor, situaţie care face posibilă o adaptare promptă şi suplă la fluctuaţiile pieţii.

Creditul naţional care acoperea pînă acum costurile de investiţii nu era un credit real, pentru că nu conţinea în sine obligaţia de rambursare. Aceasta era asigurată exclusiv prin amortizări.

În noul sistem de gestiune economică, investiţiile încetează să fie gratuite, în consecinţă bugetul naţional nu va mai contribui la constituirea unor fonduri de investiţii decît într-o măsură mult mai redusă.

Preţurile vor trebui să asigure, în cadrul prevăzut, regularizarea producţiei şi consumului. Funcţia noilor preţuri nu constă numai în a informa pe producători şi statul asupra costurilor de producţie, ci şi de a stimula întreprinderile în urmărirea propriului lor interes.

Noul tarif al energiei electrice a fost ajustat în funcţie de caracteristicile livrărilor, cum ar fi tensiunea.

Preţul energiei termice livrate de centralele termice a fost fixat pe baza costurilor totale medii. În ceea ce priveşte prezentarea altor energii termice, se utilizează preţurile libere bazate pe acorduri formulate în conformitate cu principiile formării preţurilor.

Preţurile energiei electrice după noul tarif au scăzut cu circa 24—25%, această reducere afectînd în consecinţă veniturile. Calculele dovedesc însă că rentabilitatea industriei electrice nu este satisfăcătoare, datorită tarifelor actuale pentru energia electrică şi termică; de fapt, fondurile de dezvoltare provenind din beneficiul întreprinderilor nu contribuie decît într-o mică măsură, în raport cu bugetul naţionaol, la realizarea noilor investiţii. Majoritatea dezvoltării decurge din defalcarea amortizărilor, deoarece în conformitate cu reglementările în vigoare, pot fi reţinute în acest scop pînă la 60% din acestea. De asemenea, noile preţuri de producţie nu reflectă costurile de producţie şi de transport ale energiei termice şi electrice şi nu determină pe consumatori să folosească economic aceste energii de mare valoare.

Rezultă deci că sistemul de preţuri din 1968 trebuie revizuit şi modificat pentru ca preţul de producţie al energiei electrice să exprime valoarea sa reală. În acest caz, beneficiul va putea să constituie baza formării fondului de dezvoltare a întreprinderilor, care este determinant pentru investiţie, în conformitate cu principiul noului sistem de gestiune economică.

Fără a ignora aceste principii ale gestiunii autonome a întreprinderilor, se va menţine în continuare o decizie şi un control centralizat pentru investiţiile cele mai importante, cum sînt centralele electrice şi reţeaua electrică.

C 5. Rentabilitatea utilizării energiei electrice în procesele industriale la temperaturi înalte

B. Cabicar (Cehoslovacia)

Raportul tratează probleme în legătură cu rentabilitatea utilizării energiei electrice în anumite procese industriale, pentru care se pot lua în considerare ca sursă de căldură, în aceeaşi măsură, diferite tipuri de combistibili sau energie electrică. Procesele tehnologice examinate sînt producţia de oţel, fuziunea fontei cenuşii, reîncălziri în ateliere de forjă, reîncălzirea pentru tratamente termice, fuziunea pastei de sticlă, industria de panificaţie. Pentru fiecare dintre aceste procese s-a căutat să se determine costurile minime pe unitatea de produs în diferite nivele de dezvoltare tehnică şi economică. Pentru a se ţine seamă de evoluţia viitoare, combustibilul şi energia electrică nu sînt luate în calcul la preţul actual, ci cu evaluări care se pot considera aproximativ „costuri de viitor”. Cercetările indică procesele industriale pentru care utilizarea energiei electrice va putea avea în viitor avantaje faţă de combustibili. Din cercetări rezultă de asemenea că, dacă nivelul tehnic şi economic al producţiei şi transportului energiei electrice este ridicat, aceasta va putea concura uşor în cazul anumitor procese tehnologice la temperaturi mari nu numai cu combustibili gazoşi de tip clasic, ci şi cu combustibilii lichizi, mai ieftini.

Calculele prezentate au un caracter general şi concluziile pot fi utilizate pentru studiile de perspectivă privind electrificarea proceselor tehnologice la temperaturi ridicate, cu luarea în considerare a politicii tarifare în domeniul energiei. La aplicarea soluţiilor în cazuri concrete va trebui să se ţină seamă de condiţiile locale, care pot juca un rol important.

C 6. Tarifarea energiei electrice şi a căldurii în România şi influenţa asupra dezvoltării consumului

M. Grăniceanu (România)

În cursul ultimilor ani, tarifarea energiei electrice şi a căldurii a fost supusă unor modificări radicale, cu scopul de a se stimula într-o măsură mai mare producţia de energie electrică şi de căldură în centralele publice şi de a favoriza anumite măsuri de raţionalizare a consumului, în special în orele de vîrf.

În comparaţie cu tarifele aplicate în perioada 1956—1962, noile tarife de energie electrică, aplicate cu începere de la 1 ianuarie 1963, sînt mai scăzute cu circa 33%. Această reducere substanţială, combinată cu introducerea unor noi sisteme de tarifare, a adus cu sine o accelerare a ritmului de consum precum şi o ameliorare a indicilor de utilizare.

Ritmul mediu anual al creşterii producţiei de energie electrică s-a cifrat, pentru ansamblul sistemului energetic, în timpul perioadei 1962—1966 la 19,9%, în comparaţie cu 12,5% realizat în perioada 1956—1962.

Ca urmare, la aplicarea unor tarife cu variaţii în raport cu ora de funcţionare, a fost înregistrată o creştere a producţiei în timpul lunilor de vară de circa 4% în comparaţie cu media anuală şi o reducere (în valori relative) a vîrfului anual cu circa 3%. La această aplatizare a curbei au contribuit în mod deosebit marii consumatori industriali, care au înregistrat în 1966 un consum de noapte egal cu consumul mediu diurn.

În domeniul producţiei de căldură se constată un fenomen similar: acela al creşterii ritmului producţiei în centralele publice cu producţie combinată de căldură şi energie electrică în funcţie de reducerea tarifelor pentru căldura livrată de aceste centrale.

Avînd în vedere influenţa pozitivă a tarifării asupra dezvoltării raţionale şi eficace a consumului de energie electrică şi de căldură, se consideră necesar să se acorde în viitor o atenţie deosebită acestei probleme, pentru a se stabili şi aplica sistemele de tarifare cele mai adecvate.

C 7. Limitele economice ale centralelor mari cu contrapresiune

G. Dörling (R. F. a Germaniei)

Eficienţa economică a centralelor mari cu contrapresiune depinde în mare măsură de evoluţia necesarului de abur şi de energie electrică al instalaţiilor de producţie. Dacă cererile de energie electrică şi de căldură nu sînt sincronizare sau dacă în ansamblu nu survine decît o scurtă perioadă de consum de căldură în plină sarcină electrică, producţia de energie a unei asemenea centrale electrice industriale riscă să fie afectată într-o asemenea măsură încît să devină neeconomică.

Economicitatea depinde în aceeaşi măsură de condiţiile reţelei publice la care este racordată centrala cu contrapresiune. Tariful energiei absorbite din reţea joacă un rol foarte mare. În timpul iernii, centralele cu contrapresiune reduc solicitările adresate reţelei electrice publice prin mărirea producţiei lor proprii, pe cînd în timpul verii întreprinderile cumpără mai multă energie electrică din reţeaua publică; întreprinderile vin, prin urmare, în întîmpinarea intereselor centralelor electrice din reţeaua publică şi ele ar trebui taxate numai cu tariful maxim pentru energia absorbită în lunile de iarnă.

În ţările în care preţul combustibilului este ridicat, în timp ce acela al energiei electrice produse de centralele hidroelectrice este redus, producţia de energie electrică cu grupuri cu contrapresiune riscă să fie o operaţie nerentabilă. Se pot crea condiţii favorabile pentru economicitatea unei centrale industriale cu contrapresiune prin combinarea producţiei de bunuri care necesită multă energie electrică şi puţin abur cu aceea a altor produse care au nevoie de mult abur şi puţină energie electrică, ca de exemplu fibrele sintetice şi fibrele de vîscoză în industria fibrelor textile şi artificiale.

Luîndu-se ca exemplu cel mai mare producător german de fibre textile sintetice şi condiţiile deosebite ale pieţii produselor primare, precum şi condiţiile sectorului electroenergetic public din R. F. a Germaniei, au fost studiaţi mai mulţi parametri care influenţează asupra economicităţii unei centrale industriale mari cu contrapresiune.

Dacă preţul energiei electrice produse în centrala proprie este redus, de exemplu 5 mills/kWh, nu este exclus ca în viitor marile centrale nuclearoelectrice să poată concura centralele cu contrapresiune care utilizează combustibili fosili, cu condiţia ca să fie amplasate în poziţii avantajoase faţă de zonele industriale.

C 8. Situaţia actuală şi tendinţele de dezvoltare a producţiei combinate de căldură şi energie electrică în întreprinderile industriale italiene

P. Rossi (Italia)

Studiul dezvoltării activităţilor industriale din ultimii ani în Italia arată o creştere rapidă a producţiei de energie electrică în centrale de termoficare.

Raportul cercetează dezvoltarea acestor instalaţii în termeni statistici, fie în ansamblu pe întregul sector industrial italian, fie separat pentru anumite ramuri industriale deosebit de importante. Se constată, în această privinţă, că principala creştere este datorată industriei chimice, petrochimice şi a produselor de petrol, urmată de industria hîrtiei şi aceea a zahărului.

Raportul analizează în detaliu structura instalaţiilor combinate, constatînd o evoluţie rapidă, care indică o expansiune importantă a instalaţiilor „mixte" bazate pe grupuri cu condensaţie şi prize.

Relaţii statistice sînt utilizate şi pentru determinarea perspectivelor de producţie ale instalaţiilor combinate pentru viitorii ani pînă în 1970; se obţin şi date cantitative ale acestei producţii, cu ajutorul metodei corelării cu previziunile privind dezvoltarea producţiei industriale în diferitele ramuri. Din confruntarea datelor stabilite în acest mod cu acelea determinate printr-o metodă cu totul independentă, s-au obţinut rezultate coerente.

C 9. Producţia combinată descentralizată de energie pentru mari ansambluri industriale cu ajutorul unor motoare şi turbine cu abur

H. Spilling (R. F. a Germaniei)

Se compară costurile de investiţii şi costurile de exploatare pe care le provoacă alimentarea cu energie a marilor ansambluri industriale, de exemplu uzina de produse chimice, în raport cu centralizarea sau descentralizarea producţiei de energie.

Date de bază:

1. Combustibilul lichid este sursa utilizată pentru satisfacerea necesarului de căldură al complexelor cu ajutorul aburului pentru procese industriale.

2. Prin mărirea consumului de combustibil lichid se produc cantităţi importante de energie electrică suplimentară cu ajutorul grupurilor cu contrapresiune.

3. Cererea totală de energie electrică este livrată de reţeaua publică, dacă se face abstracţie de energia electrică produsă de grupuri cu contrapresiune (din punct de vedere economic, s-ar obţine acelaşi rezultat prin instalarea unei centrale cu condensaţie exploatată de industria însăşi).

4. Dacă alimentarea cu energie este descentralizată:

a) motoarele sau turbinele de abur acţionează direct asupra tuturor maşinilor care lucrează cu viteze variabile, consumă multă energie, funcţionează un număr mare de ore pe an şi trebuie protejate de riscul unor explozii;

b) grupuri cu abur sînt utilizate şi pe lîngă motoare şi turbine cu abur, sau în legătură cu acestea, pentru asigurarea echilibrului între aburul de eşapare şi cererea de abur industrial şi pentru grupurile de intervenţie.

5. Descentralizarea alimentării cu energie evită utilizarea unor turbine cu condensaţie şi prize diferite. Se evită, de asemenea, suprapunerea mai multor reţele de distribuţie de abur (2, 3 sau mai multe) pe întreg ansamblul industrial, dar ea obligă să se utilizeze, de exemplu, o turbină cu contrapre-

siune mai mică şi relativ simplă şi o conductă unică de distribuţie de abur în întreg complexul industrial, la presiunea de 100 la 20 at, în cazul turbinelor cu contrapresiune, sau de 20 la 9, sau 7, sau 6, sau 5, sau 2, sau 0,5 at, în cazul motoarelor sau turbinelor cu abur situate în imediata apropiere a locului unde această presiune este solicitată.

6. Comparaţia costurilor de investiţii sau a costurilor de exploatare trebuie să se refere nu la detalii, ci la ansamblul sistemului de alimentare centralizată sau nu cu energie.

7. Alimentarea cu energie începe, prin urmare, la punctele la care energia electrică care provine din reţeaua publică şi combustibilul ajung la centrala industrială şi se termină acolo unde energia mecanică este transmisă la cupla maşinilor, sau unde aburul industrial trece prin flanşele de racordare spre consumatorii de căldură.

8. Căldura exotermică a proceselor tehnologice este utilizată în funcţie de sistemul combinat căldură/energie electrică şi de sistemul de alimentare descentralizat.

Soluţii :

Pentru a permite şi simplifica comparaţia unor sisteme de alimentare cu energie, descentralizate sau centralizate, în ceea ce priveşte costurile de investiţii şi de exploatare, sînt indicate două formule.

Evaluarea diferiţilor factori arată că soluţia descentralizată tinde nu numai să reducă costurile de exploatare, dar şi să comprime într-o largă măsură şi costurile de investiţii. Avantajele constau în numărul diferitelor presiuni solicitate ale aburului industrial.

Evaluarea costurilor procentuale ale elementelor sistemului de alimentare cu energie electrică permite să se aprecieze procentual diferenţele de cheltuieli. Utilizarea preţurilor specifice face posibilă în final întocmirea unor estimaţii privind variaţia costurilor de investiţii şi de exploatare.

Raportul arată că, în contradicţie cu o părere foarte larg răspîndită, costurile de investiţii şi de exploatare sînt mai reduse la o alimentare descentralizată cu energie.

C 11. Cooperarea dintre reţeaua electrică publică din Anglia şi industriiile care produc energie electrică ca subprodus

E. Fisher (Anglia)

În conformitate cu politica generală aplicată de organele răspunzătoare ale sectorului electroenergetic din Anglia, este preferabil pentru o industrie de a-şi instala şi exploata o centrală proprie, cînd energia electrică poate fi obţinută ca subprodus al unui proces tehnologic. În această privinţă, se poate afirma că în sectorul particular este economică producţia de energie electrică cu ajutorul unor grupuri cu contrapresiune, şi este, pe de altă parte, nerentabilă producţia cu grupuri cu condensaţie.

Această politică decurge din experienţa anterioară privind schimbările rapide care pot surveni în balanţa energetică a unor industrii cu centrale industriale proprii şi este confirmată şi de tendinţele actuale.

Rolul organismelor responsabile ale sectorului electroenergetic din Anglia se consideră că rezidă în producţia şi distribuţia de energie electrică după un plan de ansamblu şi de a coopera cu industriile care dispun de centrale industriale, în folosul mutual al ambelor părţi.

Raportul arată, pe scurt, organizarea producţiei naţionale de energie electrică în Anglia şi evoluţia recentă a acestor centrale de producţie combinată de căldură şi de energie electrică în industriile grele, chimice şi siderurgice. Se citează cifrele care arată raportul actual dintre producţia particulară şi producţia sectorului public, la nivel naţional.

Raportul conţine, de asemenea, indicaţii succinte privind tarifele practicate de Central Electricity Generating Board pentru livrarea de energie electrică către Area Boards şi asupra structurii tarifelor pe care aceste organe regionale le aplică pentru industriile speciale.

Exploatarea centralelor industriale particulare în paralel cu sistemul naţional de producţie de energie electrică se desfăşoară cu unele inconveniente, compensate de avantaje cu mult mai mari. Raportul încearcă să aprecieze tendinţele producţiei de energie electrică în centrale industriale particulare în ramurile mai importante : industria chimică, industria hîrtiei şi siderurgică, atrăgînd atenţia asupra disponibilităţii de gaze naturale.

C 12. Metodă de evaluare a fiabilităţii alimentării cu energie electrică, ţinînd seamă de pierderi şi aplicarea ei în întreprinderi industriale

D. Schaller şi *F. W. Kloeppel* (R.D.G.)

Raportul descrie o metodă care permite să se ţină seamă de pierderile provocate de întreruperile în alimentarea cu energie electrică la evaluarea economică a reţelei sau a diferitelor scheme de racordare a consumatorilor. Este vorba de o metodă generală, care poate fi aplicată atît pentru planificarea de ansamblu cît şi pentru aceea de detaliu a unui sistem dat. Sînt necesare următoarele date :

1. Frecvenţa întreruperilor şi duratele necesare pentru repararea diferitelor elemente.

2. Spectre ale frecvenţei întreruperilor în funcţie de duratele lor în caz de întreruperi ale alimentării la diferite puncte.

3. Gradul de nesiguranţă al alimentării punctelor sistemului.

4. Costurile totale pentru diferite tipuri de reţea, inclusiv pierderile suportate de consumatori ca urmare a întreruperilor în alimentare.

Pentru efectuarea calculului trebuie să se cunoască frecvenţa întreruperilor şi timpul necesar pentru restabilirea legăturii pentru fiecare element al sistemului. Punctul 4 presupune să se cunoască pierderea pe care o reprezintă pentru un consumator avarierea unor elemente ale sistemului, exprimată în funcţie de durata de indisponibilitate sau a valorilor determinate de aceste pierderi în funcţie de durata indisponibilităţii şi de putere în caz de avarie.

Metoda a fost încercată în cazuri particulare. Rezultatele arată influenţa pe care o are importanţa pierderilor specifice asupra alegerii tipului de reţea.

Schema reţelei care se obţine prin aplicarea metodei descrise şi pentru care costurile totale sînt cele mai reduse prezintă fiabilitatea dorită, din punctul de vedere al economiei naţionale, cît şi al ţării întregi. Ea poate fi considerată, prin urmare, ca soluţie optimă din punctul de vedere al interesului naţional.

C 13. Evaluarea economică a fiabilităţii alimentării întreprinderilor industriale cu energie electrică

H. Lindner (R.D.G.)

Fiabilitatea diferitelor scheme de conexiuni pentru alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor industriale este evaluată, din punct de vedere economic, în raport cu pierderea anuală prevăzută. Această pierdere este calculată cu ajutorul unei funcţii ce reprezintă, pentru întreprinderea industrială, pierderea prin deranjamente în funcţie de durata întreruperii şi cu ajutorul spectrului frecvenţei deranjamentelor stabilit pentru un consumator.

Calculul spectrelor de frecvenţă este tratat în detaliu în raportul „Metodă de evaluare a fiabilităţii alimentării cu energie electrică, ţinînd seamă de pierderi, şi aplicarea ei în întreprinderile industriale” (C 12).

Funcţia de pierdere prin deranjamente constituie un mod de a reprezenta previziunea pierderii prin deranjamente în funcţie de durata indisponibilităţii pentru o unitate, o secţie sau pentru un număr de consumatori.

Studiul se referă la întreruperile neprevăzute şi întreruperile parţiale şi totale ale conexiunii unei întreprinderi industriale cu reţeaua de distribuţie sau cu centrala producătoare de energie electrică.

Se descrie în detaliu calculul cheltuielilor corespunzătoare pierderii anuale prevăzute.

C 14. Politica tarifară a societăţii Electricité de France privitoare la livrările şi cumpărările de energie electrică la şi de la industrii autoproducătoare

O. Stasi şi *J. Dubois* (Franţa)

Politica tarifară aplicată de Electricité de France constituie un ansamblu, şi tarifele de cumpărare şi de vînzare de energie electrică la abonaţi autoproducători rezultă din aplicarea în aceste cazuri particulare a principiilor sale generale în domeniul tarifar.

Baremurile de vînzare a energiei electrice la înaltă tensiune sînt calculate pe baza costurilor de producţie marginale. Una dintre modalităţile aşa-zisului ,,tarif verde'' (tariful de vîrf) se adaptează în mod special la livrările efectuate de Electricité de France către o industrie ca adaos al unei producţii autonome de energie electrică.

În mod simetric, Electricité de France cumpără cantităţi de energie electrică livrată cu aceleaşi calităţi ca acelea pe care le garantează în calitatea sa de vînzătoare, la preţurile la care ar vinde unuia din abonaţii săi, sub rezerva abaterilor şi ţinînd seamă de costurile pe care le suportă în cele două cazuri.

Modalităţi particulare se referă la cazul livrărilor parţial garantate sau negarantate.

C 15. Alimentarea cu căldură şi energie electrică a unor ansambluri industriale în oraşe

A. Lagner, *R. Wagner* şi *A. Wischnat* (R.D.G.).

Ansamblurile industriale consumă actualmente mai mult de jumătate din energia electrică produsă de centralele publice ale ţării. Majoritatea ansamblurilor industriale sînt stabilite în oraşe (zone urbane mixte) ; în jurul anumitor oraşe s-au dezvoltat zone industriale. Gradul ridicat de descentralizare a ansamblurilor industriale urbane şi structura eterogenă a zonelor industriale existente impun limite relativ strînse eforturilor de raţionalizare a producţiei industriale şi comportă un anumit număr de inconveniente urbanistice (poluarea aerului, zgomot etc.).

Raportul conţine date privind ansamblul industrial modern în curs de realizare în oraşul Leipzig, în care se prevăd nevoi termice de 170 Gcal/h şi 650 Tcal/an (adică dublul cererilor actuale), necesarul de putere şi energie electrică urmînd să ajungă la 50 MW, respectiv 250 GWh/an.

C 16. Alimentarea combinată cu căldură a zonelor industriale şi a cartierelor de locuit

R. Nitzold (R.D.G.)

Problema metodelor celor mai economice de alimentare cu căldură a zonelor industriale şi a cartierelor rezidenţiale a fost studiată pe baza indicatoarelor costurilor necesare în alternativa alimentării separate sau a aceleia combinate. Rentabilitatea creării unei reţele de alimentare cu căldură nu este influenţată numai de condiţii locale, ci şi de alţi factori, ca puterea maximă debitată, durata de funcţionare a acestei puteri, costurile de construcţie, costurile curente de exploatare şi distanţele dintre zonele alimentate.

Se arată cazurile în care un sistem de încălzire la distanţă este convenabil. În toate cazurile cercetate s-a constatat că rentabilitatea reţelei termice depinde în special de condiţiile locale.

C 17. Partajarea costurilor unei instalaţii mixte pentru producţia de energie electrică şi căldură

J. Gaussens şi *L. Thiriet* (Franţa)

Raportul îşi propune să arate cum se poate aborda problema determinării structurii optime a unei centrale electrice de termoficare în raport cu tipurile diferite de cereri de energie care se pot lua în considerare. Se studiază succesiv :

— cazul unei cereri rigide de căldură şi de energie electrică ;

— cazul în care trebuie să fie satisfăcute obiective mai nuanţate (cereri de energie de vîrf şi de bază) ;

— în fine, se examinează situaţia în care sînt date elasticităţi cu preţuri diferite de zero ale celor două proprietăţi independente.

C 18. Studiul sistemelor economic competitive de alimentare combinată cu căldură şi cu energie electrică

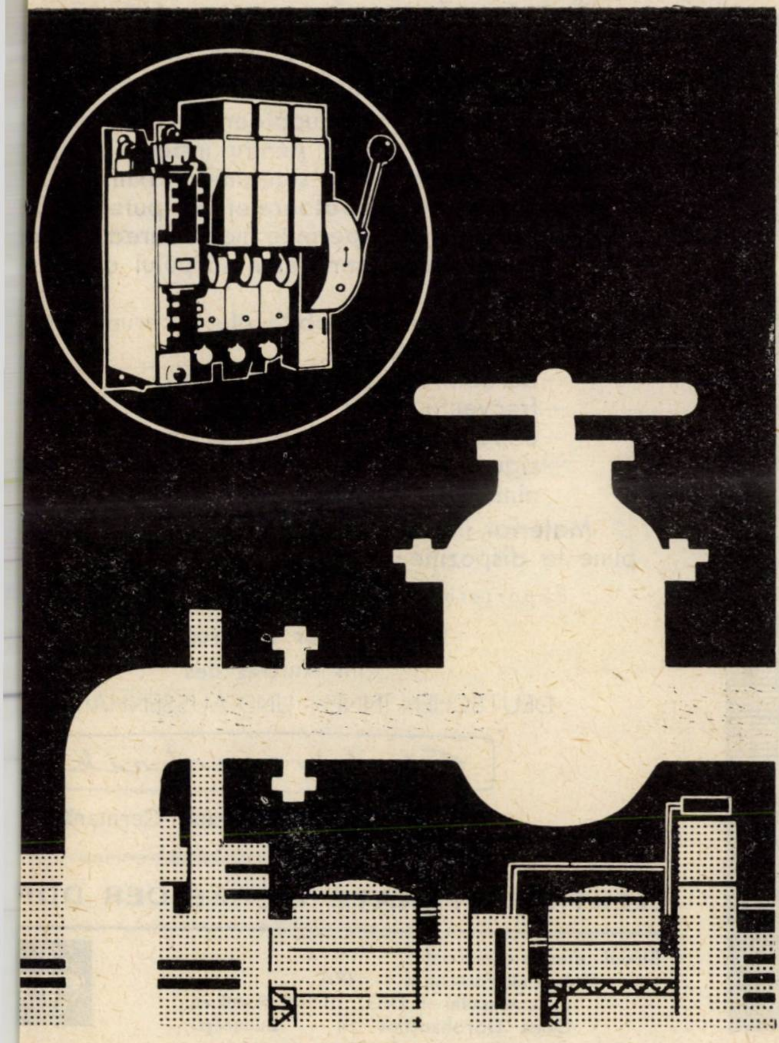
L. Goldsmith (Elveţia)

Raportul tratează despre aspectele economice ale alimentării cu căldură şi cu energie electrică a ansamblurilor industriale prin centrale din reţeaua publică de distribuţie a energiei electrice sau prin centrale speciale locale. Cei doi factori principali care restrîng utilizarea centralelor publice pentru livrarea de căldură industrială sînt trecuţi în revistă pe scurt, şi anume :

a) distanţa limitată la care poate fi transportată căldura în condiţii economice prin abur sau apă caldă ;

b) regimul de funcţionare impus centralelor prin necesităţile reţelei publice.

Raportul stabileşte costurile căldurii considerate ca un subprodus al centralelor şi arată că acestea sînt cele mai reduse atunci cînd căldura provine de la turbine cu condensaţie. În instalaţiile locale în care subprodusul este electricitatea, căldura este mai ieftină decît dacă ar fi produsă de acelaşi echipament instalat într-o centrală, fiind totuşi mai scumpă, dacă se ţine seamă de costul transportului, decît căldura produsă de grupuri cu contrapresiune în centrale. Autorul arată că efectul economic al producţiei de căldură la faţa locului este sensibil îmbunătăţit dacă este posibil să se menţină echilibrul între producţia de căldură şi aceea de energie electrică şi examinează diferite scheme de instalaţii corespunzătoare. În concluzie, modul cel mai economic de a acoperi nevoile de căldură şi de energie electrică ale ansamblurilor industriale depinde de mai mulţi factori corelativi. Problema nu comportă o soluţie generală valabilă pentru toate cazurile.



AUTOMATE DE PROTECŢIE 10 A ŞI DISPOZITIVE DE COMANDĂ DIN PRODUCŢIA NOASTRĂ

Recomandăm automatele noastre de protecţie atît pentru anclanşarea cît şi pentru declanşarea motoarelor, precum şi pentru protecţia înfăşurării motoarelor în cazul cînd acestea primesc prea mult curent. Automatele vă stau la dispoziţie capsulate prin turnare, fie în material sintetic, fie în metal uşor.

Pentru multiplele variante de comandă în instalaţiile automatizate, în construcţia de macarale şi de ascensoare, precum şi în fabricarea de maşini şi aparate, producem pentru dv. manipulatoare, dispozitive de testare, de comutare, precum şi aparataj de alarmă.

Vă stăm cu plăcere la dispoziţie pentru informaţii detaliate.

Vă rugăm să ne cereţi prospecte.

Exportator:

Exportkontor Elektroapparate
im Auftrag des
DEUTSCHEN INNEN- UND AUSSENHANDELS

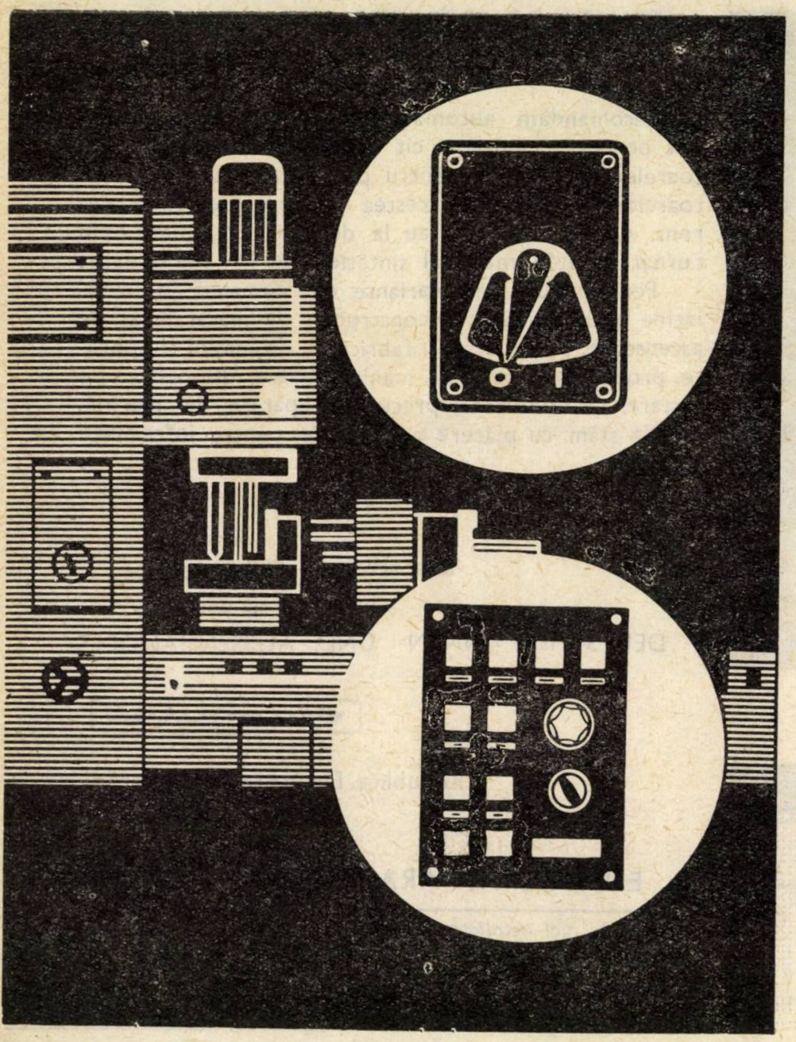
Elektrotechnik

Republica Democrată Germană

ELEKTRO-APPARATE-WERKE DER DDR

Informaţii mai detaliate vă pune la dispoziţie:
Biroul tehnico-comercial DIA Elektrotechnik HPA
al Ambasadei R. D. G. în R. S. România
Calea Dorobanţilor nr. 14—Bucureşti

EAW



ÎNTRERUPĂTORUL DE PUTERE ASIGURĂ PROTECȚIA INSTALAȚIILOR ELECTROTEHNICE
ÎN TOATE RAMURILE INDUSTRIALE

Prin folosirea întrerupătoarelor de puter "EL" se obține — atît pentru instalații, cît pentru consumatori — o siguranță maximă.

Fabricarea întrerupătoarelor de putere cor form principiului bloc permite modificarea apara telor corespunzător cerințelor scopului de între buințare urmărit.

Caracteristicile deosebite ale întrerupătorulu de putere "EL" sînt:

- durabilitate mecanică mare;
- frecvență înaltă de conectare;
- capacitate mare de conectare;
- siguranță maximă de funcționare cu mi nimum de întreținere și control.

Material informativ detaliat și prospecte vă pune la dispoziție:

Exportator:

Exportkontor Elektroapparate
im Auftrag des
DEUTSCHEN INNEN- UND AUSSENHANDELS

Elektrotechnik

Republica Democrată Germană

ELEKTRO-APPARATE-WERKE DER DDR

Biroul tehnico-comercial :
DIA Elektrotechnik — HPA —
al ambasadei R.D.G. în R.S. România
Calea Dorobanților 14 — București
vă stă la dispoziție cu informații detaliate

EAW

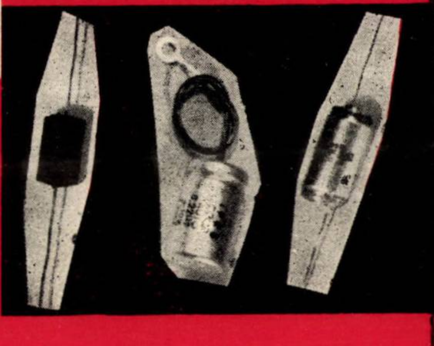
Revista „ENERGETICA", organ al Ministerului Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R. S. România (CNIT). Redacția: București, Splaiul Independenței nr. 49, Sectorul VI, Tel. 136683; 130053. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament: nr. 058001 B.N.R.S.R. — Sectorul VI. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri lei 30 anual. Prețul unui exemplar lei 5. — Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „Informația", București — c. 5424

Taxele poștale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.T. nr. 10/1095, 1967

41 401

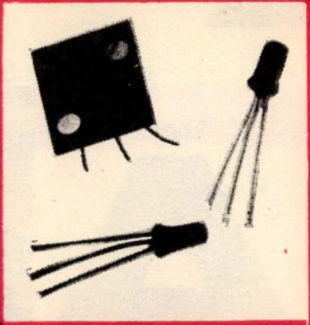
I.P.R.S. BĂNEASA

PIESE DE RADIO



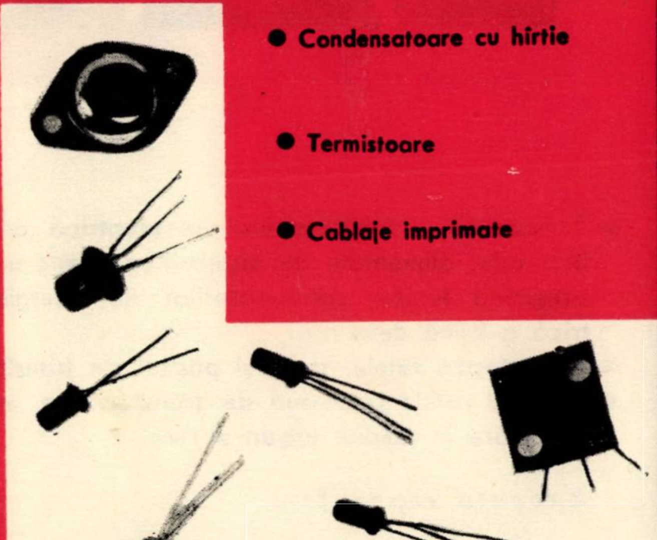
- Rezistențe fixe cu peliculă de carbon

DISPOZITIVE SEMICONDUCTOARE



- Condensatoare styroflex
- Condensatoare electrolitice normale
- Condensatoare electrolitice miniatură
- Condensatoare ceramice

- Tranzistoare cu germaniu de joasă frecvență
  - de mică putere
  - de medie putere
  - de putere



- Condensatoare cu hîrtie
- Termistoare
- Cablaje imprimate

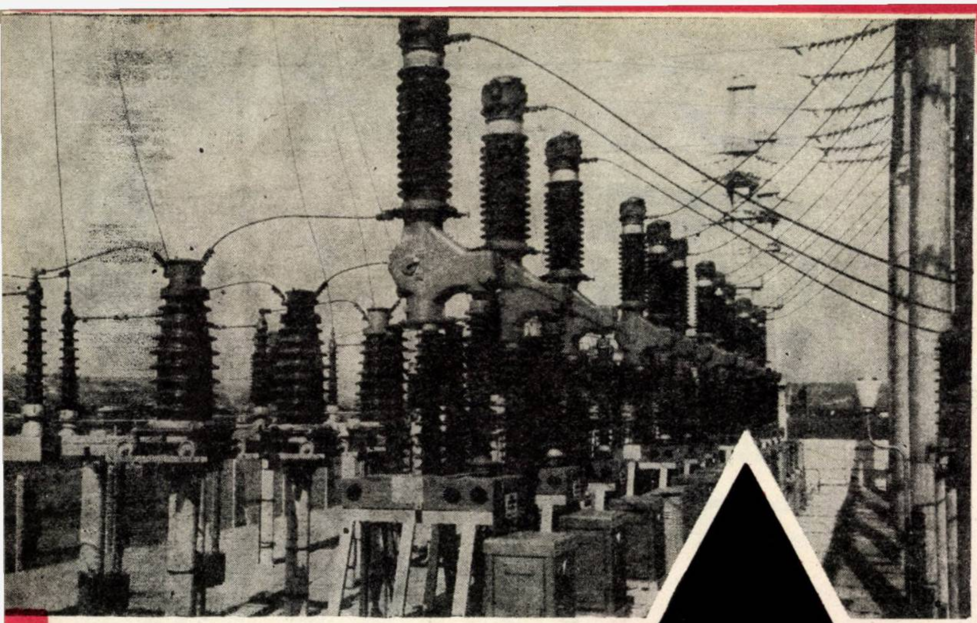
- Tranzistoare cu germaniu de înaltă frecvență
  - de mică putere
  - drift de mică putere
- Diode cu germaniu cu contact punctiform

- Redresoare cu germaniu de medie putere
- Fotodiode cu germaniu
- Diode cu siliciu
  - de mică putere
  - de puter
- Diode Zenner de mică putere

Pentru informații suplimentare consultați catalogul I.P.R.S.-Băneasa

Întreprinderea de piese radio și dispozitive semiconductoare BĂNEASA

București, sectorul 2
strada Erou Iancu Nicolae nr. 32
Telefon 33.38.30



IRE

BACĂU

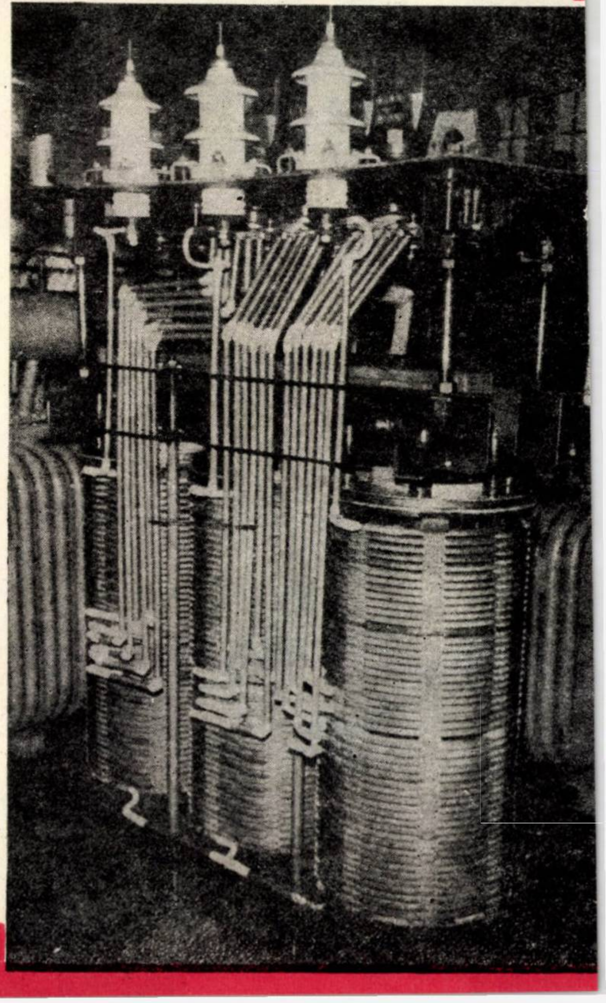
- Transportă şi distribuie energie electrică prin reţelele sale, alimentate din sistemul energetic naţional, asigurînd tuturor consumatorilor de energie electrică o bună deservire.
- Proiectează reţele, staţii şi posturi de transformare.
- Execută reţele şi posturi de transformare, instalaţii interioare în mediul urban şi rural.

Execută reparaţii:

- la transformatoare de forţă şi măsură cu puteri pînă la 40 MVA şi tensiuni pînă la 110 kV
- la întrerupătoare şi separatoare pentru toate tensiunile

Execută lucrări mecanice:

- de confecţii metalice pentru linii electrice aeriene;
- de scule şi dispozitive specifice lucrărilor energetice



ÎNTREPRINDEREA REGIONALĂ DE ELECTRICITATE BACĂU
STRADA KARL MARX N. 33 ● TELEFON: 1.00.80

I.E.M. SIBIU

EXECUTĂ

- linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- rețele electrice în cablu subteran pînă la 35 kV
- stații de transformare de la 6 kV — 400 kV
- posturi de transformare
- rețele de iluminat public
- electrificări rurale

Str. Lector nr. 12 Tel. 14884

IDEB

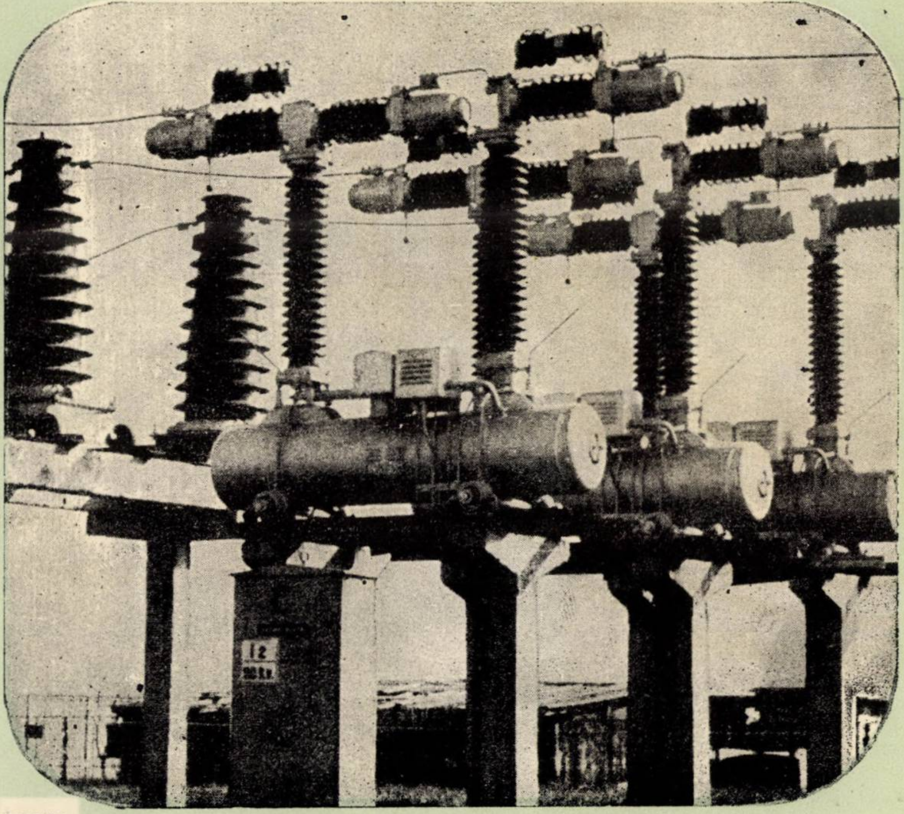
ÎNTREPRINDEREA DE DISTRIBUŢIE
A
ENERGIEI ELECTRICE-BUCUREŞTI

PROIECTEAZĂ EXECUTĂ EXPLOATEAZĂ

instalaţiile electrice de iluminat a:
străzilor şi bulevardelor, pieţelor, faţadelor
clădirilor monumentale, monumentelor,
parcurilor, stadioanelor etc.

ATENEUL ROMAN

I.R.E.



TRANSPORTĂ ȘI DISTRIBUIE:
energie electrică prin rețele de înaltă, medie și joasă tensiune,
asigurînd alimentarea cu energie electrică a consumatorilor din regiune;

EXECUTĂ:
rețele electrice de medie și joasă tensiune pentru orașe și sate;
instalații interioare în mediu urban și rural;

PROIECTEAZĂ:
linii, posturi și stații electrice, electrificări rurale, automatizări și
modernizări în instalații energetice.

CLUJ

ÎNTREPRINDEREA REGIONALĂ DE ELECTRICITATE CLUJ

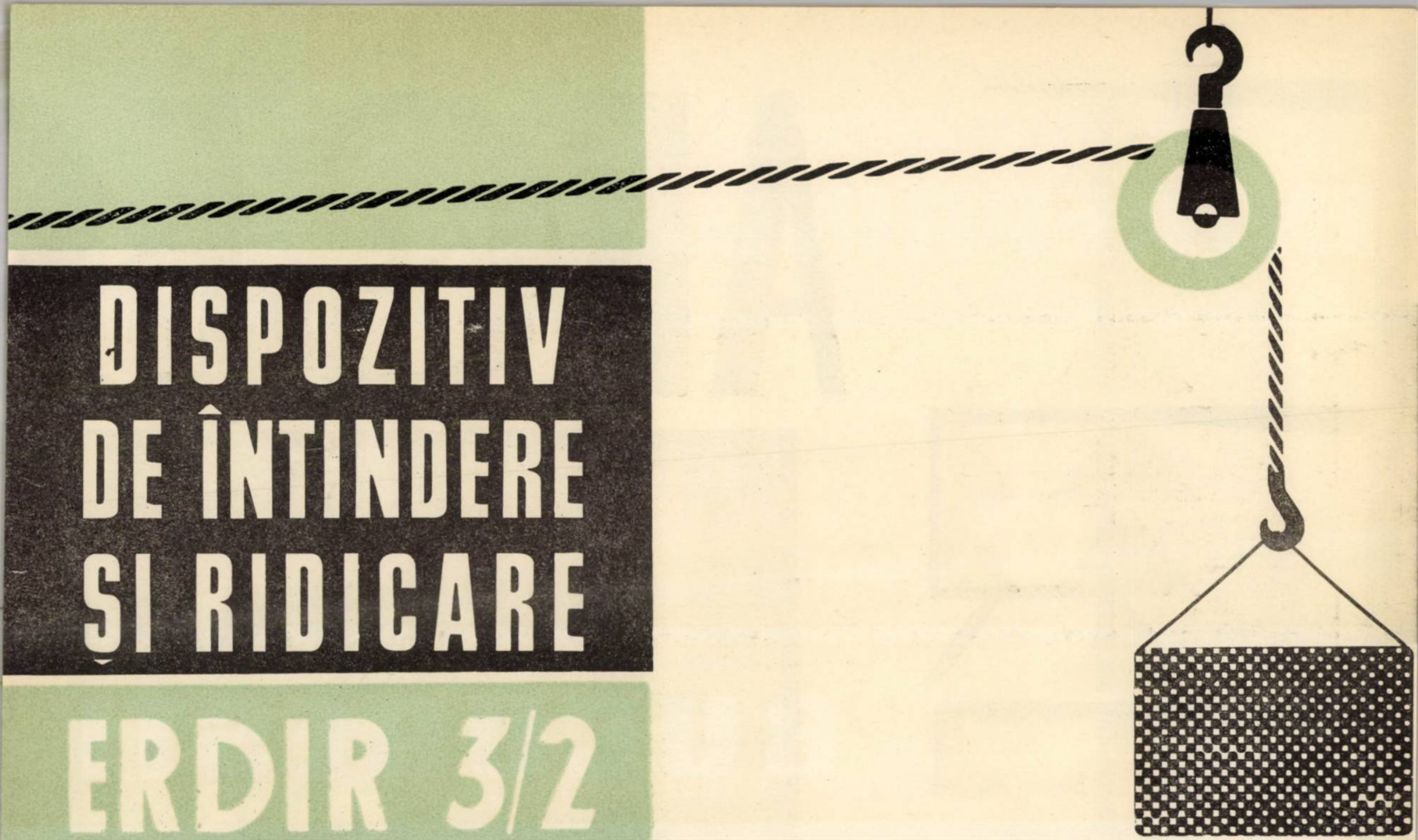
INTREPRINDEREA

ELECTROMONTAJ

BUCUREȘTI

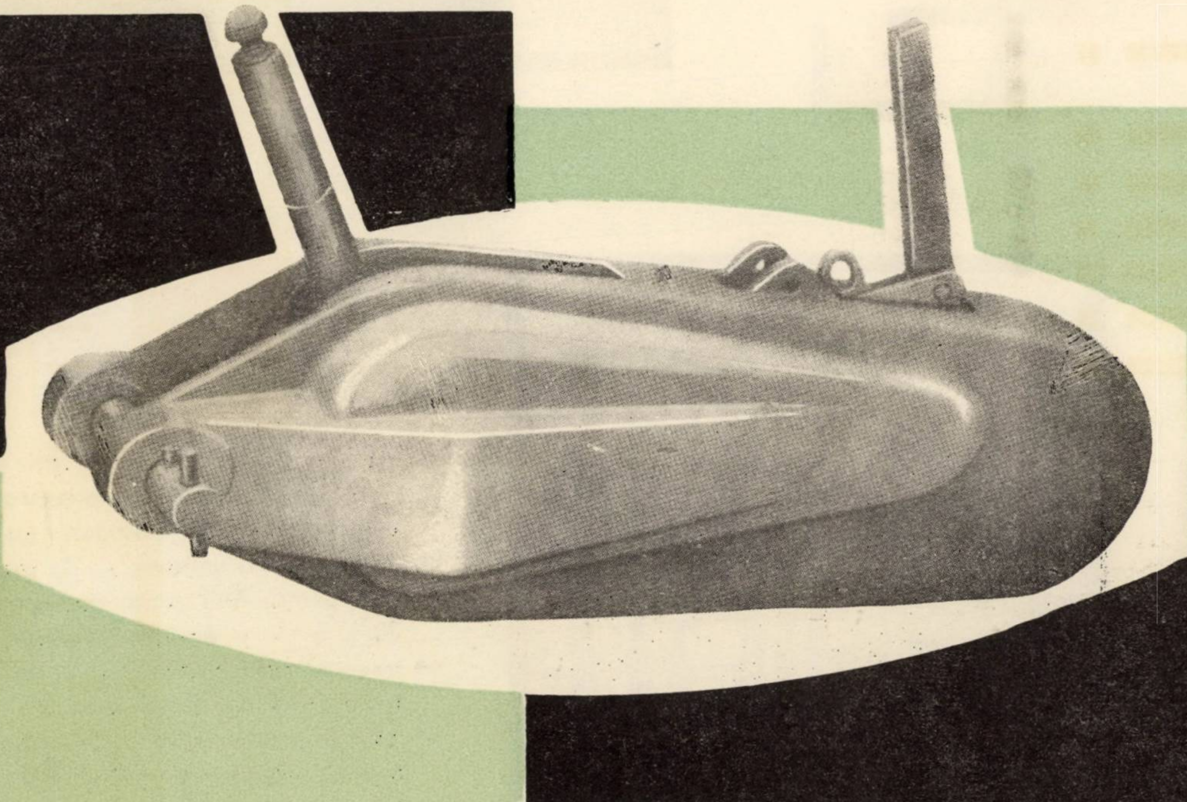
Execută ·

- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuție
- Rețele electrice în cablu subteran pînă la 110 kV
- Stații de transformare de 35-400 kV
- Stații de distribuție și posturi de transformare
- Rețele de iluminat public
- Electrificări rurale



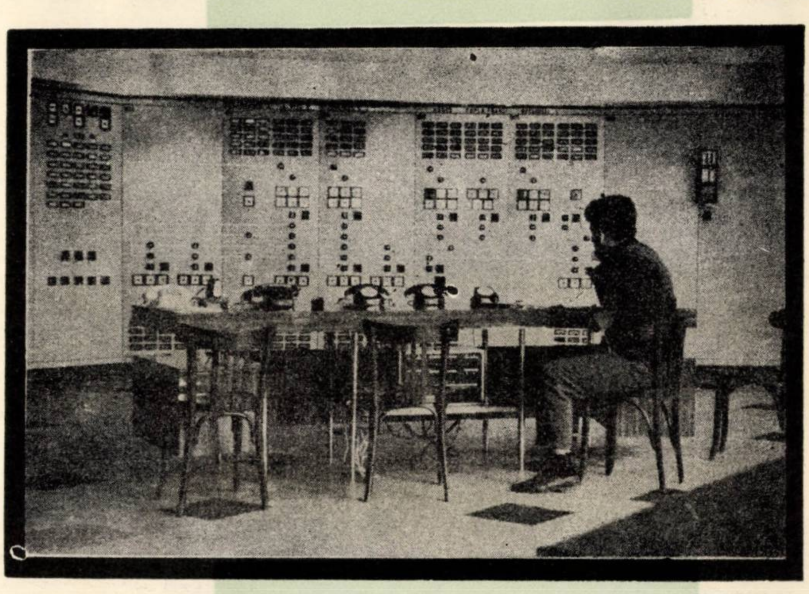
DISPOZITIV DE ÎNTINDERE ȘI RIDICARE

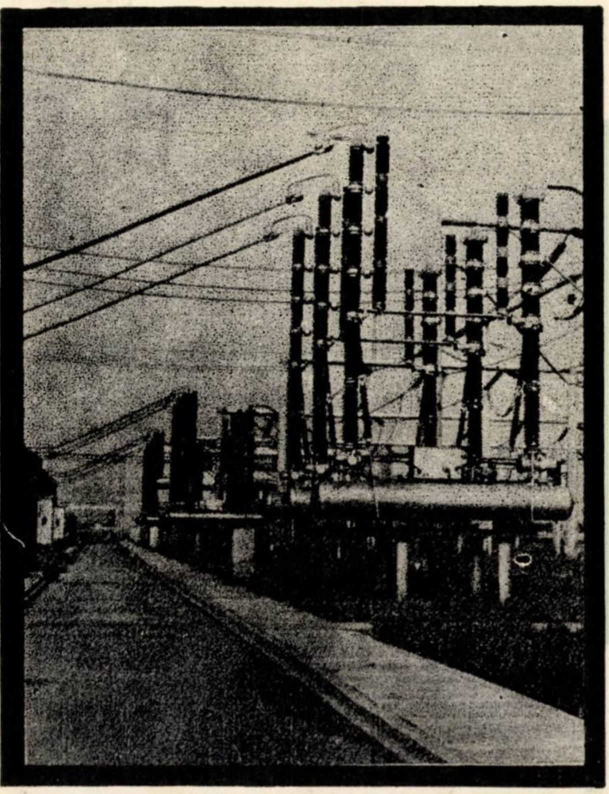
ERDIR 3/2



ENERGO REPARATII

I R E ARGEŞ





- asigură, în bune condiţii, prin instalaţiile sale cu un înalt grad de tehnicitate, alimentarea cu energie electrică a tuturor consumatorilor săi
- asigură, prin unitatea sa de proiectare, proiectele pentru linii, staţii şi posturi trafo de 110, 20 şi 6 kV şi eletrificări rurale
- execută, prin unitatea sa de construcţii-montaj, lucrări de electrificare
- execută, prin loturile de instalaţii interioare, instalaţii interioare la unităţile socialiste şi la abonaţii particulari.

O productivitate înaltă,

o calitate înaltă a cusăturii sudate — acestea sînt caracteristicile sudurii electrice sub flux.

Topirea adîncă a metalului de bază permite să se sudeze produsul fără prelucrarea marginilor.

Metoda sudurii sub flux şi-a găsit o largă utilizare în construcţiile de maşini, de nave şi în transporturi.

Asociaţia unională „Energomaşexport“ poate oferi diferite

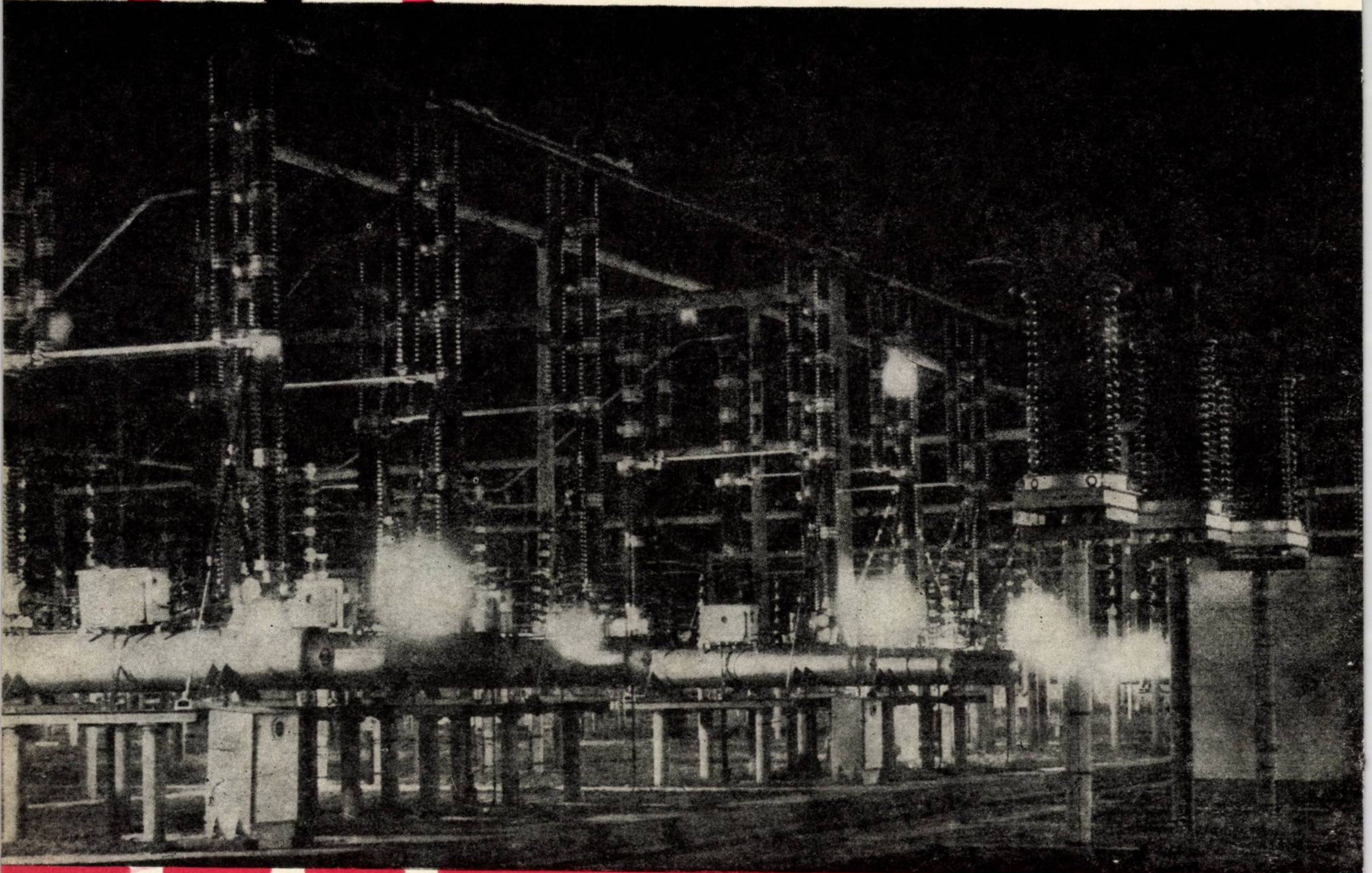
AUTOMATE ŞI SEMIAUTOMATE PENTRU SUDURĂ ŞI ÎNCĂRCARE PRIN SUDURĂ SUB FLUX
modelele: ADS–1000–2, ADF–500, A–384 MK, TS–17 r, DTS–38, TS–32, TS–35, A–639, A–874.

Pentru toate problemele de livrare, vă rugăm să vă adresaţi la:

V/O „Energomaşexport“
U.R.S.S., Moscova V–330,
Mosfilmovska 35
Telex: 243

ЭМЭ
ENERGOMACHEXPORT

IRE PLOIEȘTI



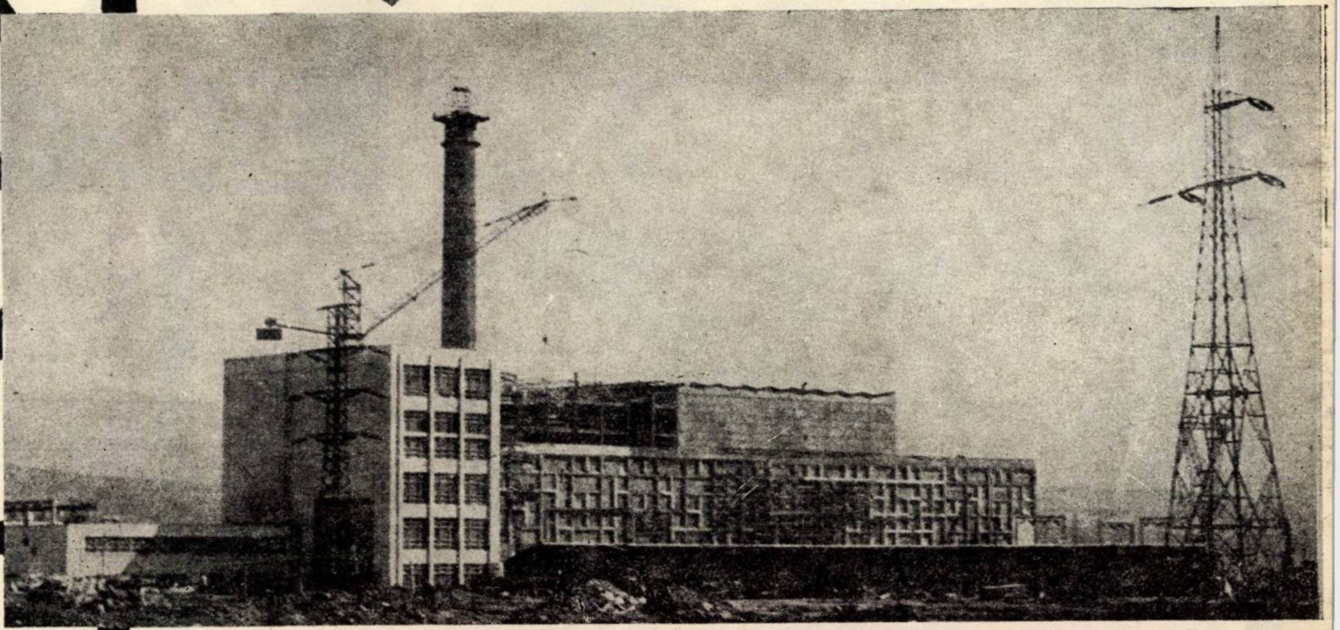
Transportă și distribuie energie electrică prin rețele de înaltă, medie și joasă tensiune, asigurînd alimentarea cu energie electrică a consumatorilor din regiune.

Proiectează și execută:

- posturi și stații de transformare
- linii electrice aeriene și subterane de transport și distribuție
- racorduri și branșamente de înaltă și joasă tensiune
- instalații electrice interioare și de iluminat exterior.

Cu sediul în CÎMPINA, str. Culturii nr. 33 ● Telefon: 2150-2151

Intreprinderea
ENERGOCONSTRUCȚIA

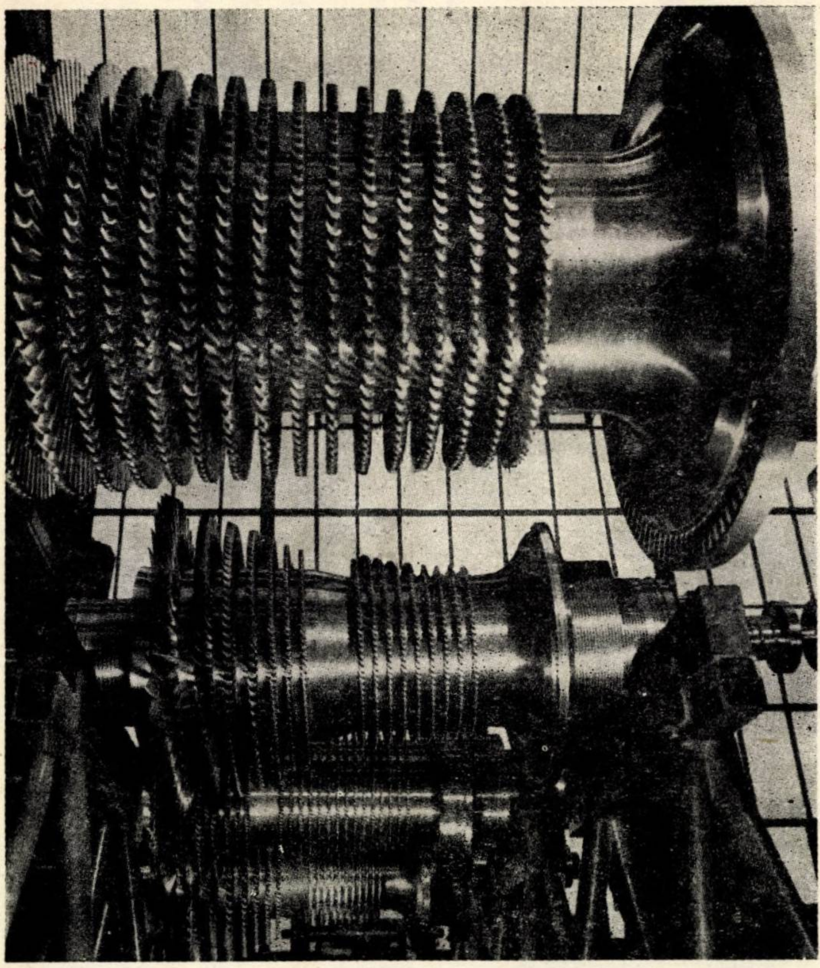


Execută lucrări de construcții energetice:

- Centrale termoelectrice
- Termoficări urbane și industriale
- Construcții hidrotehnice aferente centralelor termoelectrice.
- Stații de transformare de 110, 220, 400 kV
- Lucrări speciale :
  - — coșuri de fum prin glisare, cu înălțimi pînă la 250 m ;
  - — turnuri de răcire cu tiraj natural și tiraj forțat ;
  - — montaje de prefabricate grele din beton armat ;
  - — construcții metalice ;
  - — glisări de structuri spațiale și plane din beton armat ;
  - — instalații electrice de joasă tensiune ;
  - — instalații sanitare ;
  - — alimentări cu apă și canalizări ;
  - — izolații anticorosive la betoane etc.

intreprinderea

ENERGOMONTAJ



execută lucrări de montaj

- **Cazane de abur cu parametri ridicați:**
  - — 500 t abur/h 215 at, 514°C
  - — 640 t abur/h, 140 at, 570°C
- **Turbine cu abur de la 6 MW la 315 MW**
- **Turbine cu gaze**
- **Turbine hidraulice de la 5,5 MW la 170 MW**
- **Compensatoare sincrone**
- **Instalații termomecanice auxiliare ale centralelor termoelectrice și echipament hidromecanic**
- **Instalații electrice de joasă, înaltă și foarte înaltă tensiune**
- **Instalații de măsură, control și automatizare**

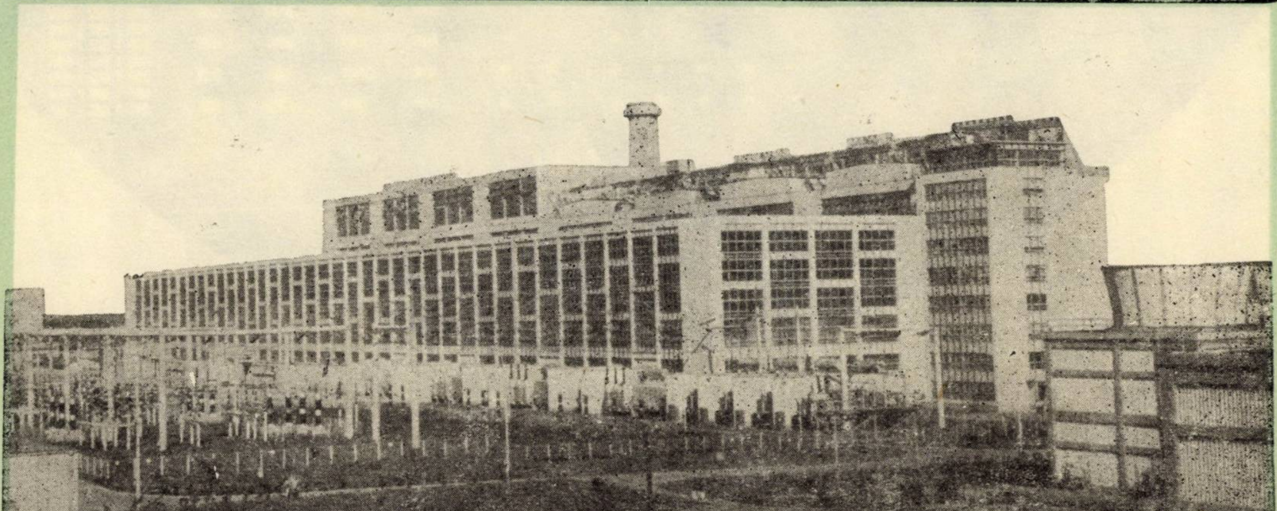
ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

intreprinderea

CENTRALA TERMOELECTRICĂ LUDUŞ

ÎNTREPRINDEREA CENTRALA TERMOELECTRICĂ LUDUŞ - IERNUT
(JUDEŢUL MUREŞ)

produce energie electrică, pe care o debitează în sistemul energetic naţional la tensiunile de 110 şi 220 kV, iar prin staţia de 400 kV în sistemul interconectat cu alte ţări.



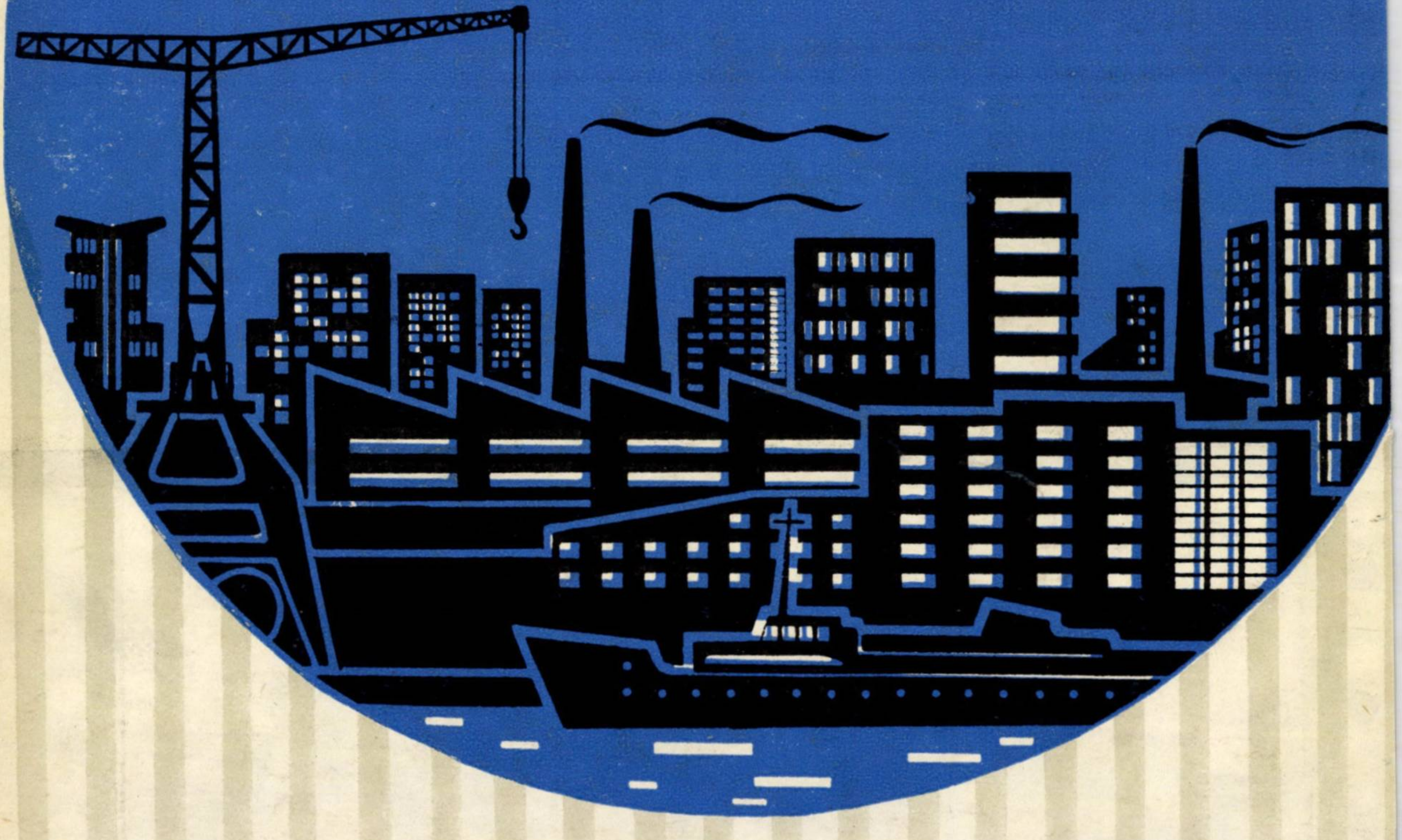
1968 DEC 2 8

IRE
GALAȚI

— produce, transportă și distribuie energie electrică pentru consumul industrial, edilitar și casnic;

— proiectează si construiește retele de distribuție urbane și rurale;

— execută verificări pentru echipament electroenergetic, aparataj electric și instalații de protecție prin relee și automatizări

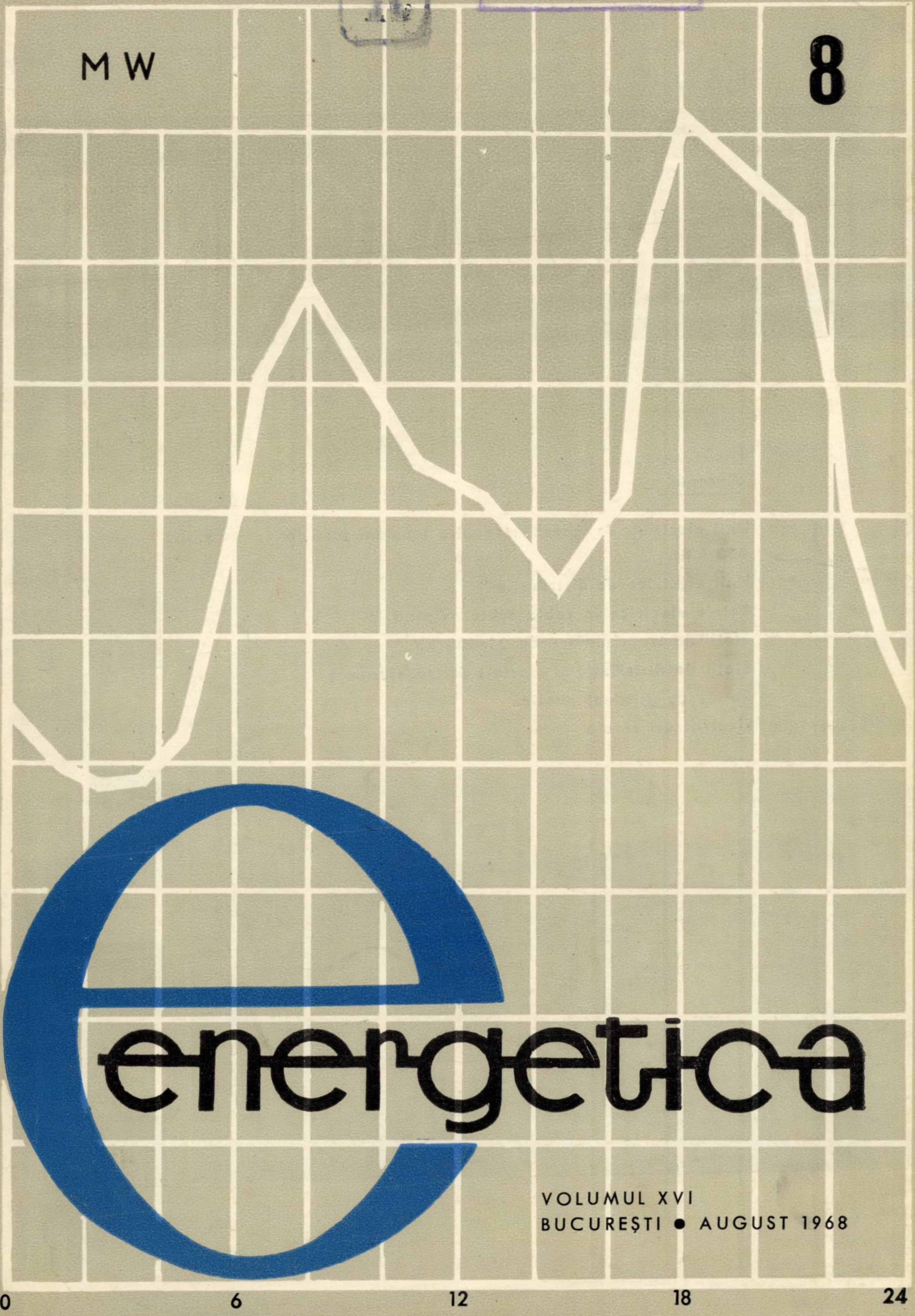


E 2039

R

REFERÁLVA

8



energetica

VOLUMUL XVI
BUCUREŞTI • AUGUST 1968

INTREPRINDEREA
ELECTROMONTAJ
BUCUREȘTI

Execută :

- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuție
- Rețele electrice în cablu subteran pînă la 110 kV
- Stații de transformare de 35-400 kV
- Stații de distribuție și posturi de transformare
- Rețele de iluminat public
- Electrificări rurale

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 16 nr. 8 AUGUST

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

Cuprinsul

Nitu, V. I., Goldenberg, C. şi Ionescu, S.	**Model de programare liniară pentru previziunea dezvoltării centralelor electrice (I)**	337–342
Fulga, C. şi Păun, M.	**Centrala electrică cu turbine cu gaze de la Bucureşti-Sud**	343–352
Schlötter, Fr., Comănescu, T., Velichi, V. şi Pavnotescu, O.	**Amortizarea zgomotelor produse de eşaparea aburului în atmosferă la centralele termoelectrice**	353–357
Crăciun, M.	**Consideraţii la stabilirea unui criteriu de stabilitate hidraulică a reţelelor de termoficare**	358–362
Măcriş, A.	**Optimizarea costurilor în metoda drumului critic**	363–369

ENERGETICA PESTE HOTARE

Cartianu, P.	**Aspecte economice actuale ale energeticii mondiale**	367–373

NOTE

Rothman, A.	**Transportul energiei electrice prin microunde**	373–376

CRONICĂ

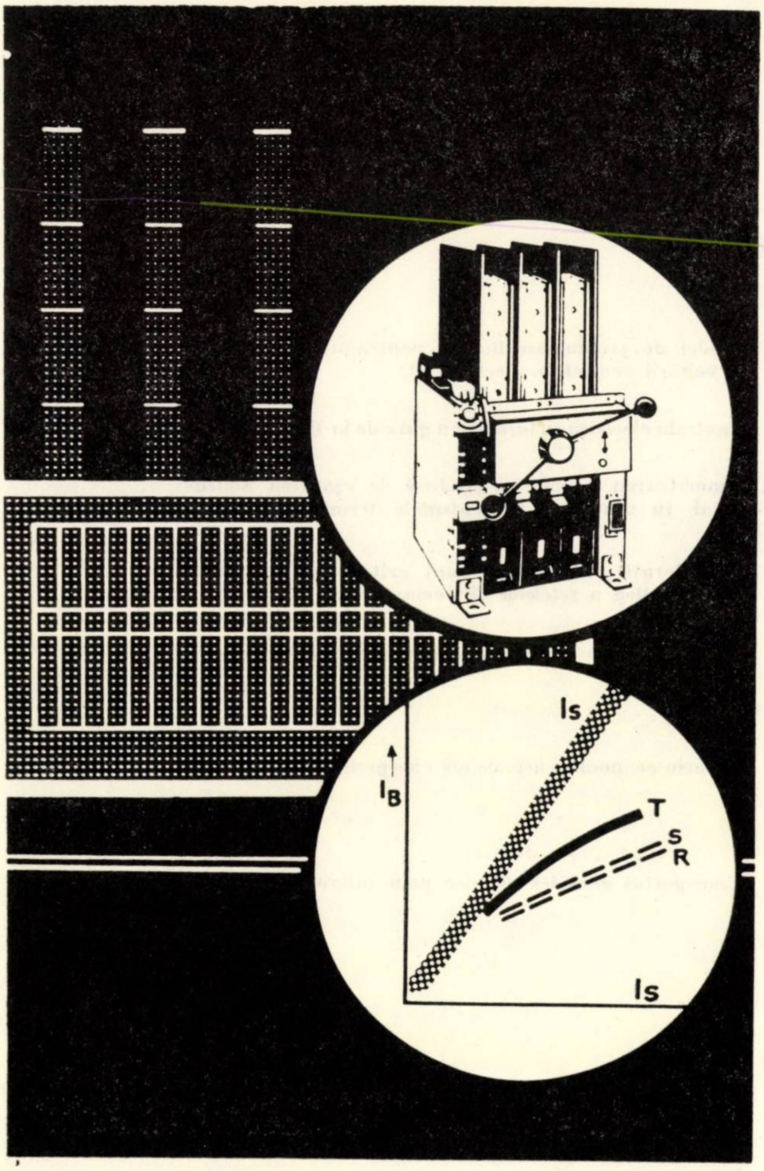
RECENZII

INFORMAŢII TEHNICE

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. ing. I. D. STANCESCU, redactor responsabil, ing. G. IORGULESCU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, ing. ST. BERENGHI, conf. ing. A. COGALNICEANU, conf. ing. E. CONSTANTINESCU, ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, laureat al Premiului de Stat, ing. H. FURTUNESCU, ing. L. LUCA, ing. B. MARCU, ing. A. MACRIŞ, conf. ing. C. MIHĂILEANU, conf. ing. V. NITU, ing. A. SPÎNU

OFICIUL DE DOCUMENTARE ŞI PUBLICAŢII TEHNICE
AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE



ÎNTRERUPTOARE DE PUTERE — O PROTECȚIE SIGURĂ A INSTALAȚIILOR ELECTROTEHNICE ÎN TOATE RAMURILE INDUSTRIALE

Întreruptoarele noastre de putere EL 250, 400 și 630, precum și întreruptorul de putere limitator de curent EBL 1000 sînt aparate mederne făcînd parte din tehnica aparatelor de comutare de joasă tensiune. Producerea întreruptoarelor de putere după pincipiul bloc asigură posibilitățile cele mai variate de modificări.

Caracteristicile întreruptoarelor noastre de putere sînt:

— Stăpînirea unor curenți înalți de scurt-circuit

— O durată lungă din punct de vedere mecanic — un număr mare de comutări

— Capacitate considerabilă de comutare— siguranță maximă de funcționare.

EXPORTATOR:

Exportkontor Elektroapparate
im Auftrage des
Deutschen Innen- und Aussenhandels

Elektrotechnik

REPUBLICA DEMOCRATĂ GERMANĂ

ELEKTRO-APPARATE-WERKE DER DDR

Pe cei interesați îi rugăm să se adreseze la
Biroul tehnico-comercial
al legației R.D.G. în R.S.R.
Calea Dorobanți 14
București — România

SZAKI KÖNYVTÁR
1983

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.311.22 : 621–501.12

Ниту, В. И., Гольденберг, К. и *Ионеску, С.*: **Модель линейного программирования для предусмотрения развития электростанций**

После изложения проблем разработки математической модели развития электростанций, основывающейся на линейном программировании, приводятся подробности характерных ограничений и учитываемая эффективность. Цель заключается в получении неизвестных по категории новых электростанций, осуществление которых возможно, а также неизвестных, касающихся способа работы всех электростанций (существующих и новых).

Energetica 16 (1968), No. 8, стр. 337–342

ДК 621.311.23(498)

Фулга, К. и *Пэун, М.*: **Электростанции с газовыми турбинами**

Описывается электростанция Бухарест-Юг, оборудованная газовыми турбунами. Приводятся основные характеристики агрегатов и описывается основное оборудование.

Energetica 16 (1968), No. 8, стр. 343–352

ДК 621.311.22 : 534.322.3

Шлётер, Фр., Комэнеску, Т., Велики, В. и *Павнотеску, О.*: **Некоторые вопросы, касающиеся шума, производимого выпуском пара в атмосферу на ТЭЦ и способ заглушения этого шума**

Приводятся полученные результаты вследствии монтажа на ТЭЦ-Гроээвешть шумоглушителя для глушения шума, производимого выпуском пара, в частности при пуске и остановке котлов.

Energetica 16 (1968), No. 8, стр. 353–357

ДК 697.37

Крэчиун, М.: **Соображения по определению критеря гидровлической устойчивости теплофикационных сетей**

Energetica 16 (1968), № 8, стр. 358–362

ДК 338.068

Мэкриш, А.: **Оптимизация стоимостей в методе критического пути**

Излагаются два метода оптимизации стоимостей выполнения работ, когда таковые производятся по методу критического пути и когда существует уже установленная вариация стоимостей с длительностью выполнения.

Energetica 16 (1968), No. 8, стр. 363–366

ЭНЕРГЕТИКА ЗА РУБЕЖОМ

ДК 620.9.

Картиану, П.: **Актуальные экономические аспекты мировой энергетики**

Обозрение технических и Экономических вопросов мирового баланса первичной Энегрии.

Energetica 16 (1968), No. 8, стр. 367–373

ДК 621.315 : 621.37

Ротман, А.: **Передача электроэнергии по микроволнам**

Energetica 16 (1968), № 8, стр. 373–376

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.311.22 : 621–501.12

Nitu, V. I., Goldenberg, C. und *Ionescu, S.*: **Ein Modell linearer Programmierung für Ermittlung der voraussichtlichen Entwicklung von Kraftwerken**

Nach Darlegung der mit der Ausarbeitung eines, auf linearer Programmierung begründeten, mathematischen Modells des Ausbau von Kraftwerken in Verbindung stehenden Fragen, werden die in Betracht gezogenen charakteristischen Beschränkungsmerkmale und Wirtschaftlichkeitsfunktionen ausführlich erörtert. Die Ermittlung der die Kategorien möglicherweise zu errichtender, neuer Kraftwerke betreffenden, oder die mit dem Betrieb sämtlicher (vorhandenen oder zu bauenden) Kraftwerke in Zusammenhang stehenden Unbekannten wird angestrebt.

Energetica 16 (1968), H. 8, S. 337–342

DK 621.311.23(498)

Fulga, C. und *Păun, M.*: **Die Gasturbinenkraftwerk von Bukarest-Süd**

Es wird das mit Gasturbinen ausgerüstete Kraftwerk Bukarest-Süd beschrieben, mit Angabe der wichtigsten Merkmale der Turbosätze und der Einrichtungen.

Energetica 16 (1968), H. 8, S. 343–352

DK 621.311.22 : 534.322.3

Schlötter, Fr., Comănescu, T., Velichi, V. und *Pavnotescu, O.*: **Einige Fragen im Zusammenhang mit dem in Dampfkraftwerken beim Entweichen des Dampfes in die Athmosphäre entstehenden Lärms und die Möglichkeit einer Minderung desselben**

Es werden die im Dampfkraftwerk Grozăveşti mit Hilfe einer Vorrichtung für Lärmdämpfung erzielten Ergebnisse der Lärmeindämmung bei Anfahren und Abblasen der Kessel beschrieben.

Energetica 16 (1967), H. 8, S. 353–357

DK 697.37

Crăciun, M.: **Beiträge zur Ermittlung von Merkmalen hydraulischer Stabilität in Fernheiznetzen**

Energetica 16 (1968), H. 8, S. 358–368

DK 338.068

Măcriş, A.: **Kostenbestauslegung mit Hilfe des Verfahrens des kritischen Pfads**

Es werden zwei Verfahren für Bestauslegung der Kosten von nach dem Verfahren des kritischen Pfads abgewickelten Bauvorhaben erörtert, unter der Voraussetzung festliegender Beziehungen zwischen Kostenverlauf und Ausführungsdauer.

Energetica 16 (1968), H. 8, S. 363–366

ENRGIEWIRTSCHAFT IM AUSLAND

DK 620.9

Cartianu, P.: **Wirtschaftliche Merkmale der Energiewirtschaft unseres Zeitalters**

Überblick über technische und wirtschaftliche Fragen einer Bilanz der Energiequellen im Weltmassstab

Energetica 16 (1968), H. 8, S. 367–373

NOTIZEN

DK 621. 315 : 621.37

Rothman, A.: **Transport elektrischer Energie mittels Mikrowellen**

Energetica 16 (1968), H. 8, S. 373–376

SOMMAIRE

CD 621.311.22 : 621–501.12

Nitu, V. I., Goldenberg, C. et *Ionescu, S.* : **Modèle de programmation linéaire pour la prévision du développement des centrales électriques**

Les auteurs présentent les problèmes posés par l'établissement d'un modèle mathématique pour le développement des centrales électriques, basé sur la programmation linéaire ainsi que les restrictions caractéristiques et la fonction de rendement considérée. Ils essaient d'obtenir les inconnues concernant les catégories de centrales nouvelles pouvant être construites ainsi que les inconnues concernant le mode de fonctionnement de toutes les centrales (existantes et nouvelles).

Energetica 16 (1968), no. 8, p. 337–342

CD 621.311.23 (498)

Fulga, C. et *Păun, M* : **La centrale électrique équipée avec des turbines à gaz de Bucarest-Sud**

Il s'agit de la centrale Bucarest-Sud, équipée de turbines à gaz. On donne les caractéristiques principales du groupe et on décrit les principaux équipements.

Energetica 16 (1968), no. 8, p. 343–352

CD 621.311.22 : 534.322.3

Schlötter, Fr., Comănescu, T., Velichi, V. et *Pavnotescu, O.* : **Quelques problèmes concernant le bruit d'échappement de la vapeur dans l'air (centrales thermiques) et une méthode pour le réduire**

Résultats obtenus à la Centrale thermique Grozăveşti à la suite du montage d'un amortisseur pour réduire le bruit causé par l'échappement de la vapeur, particulièrement au moment du démarrage et de l'arrêt des chaudières.

Energetica 16 (1968), no. 8, p. 353–357

CD 697.34

Crăciun, M : **Contributions à l'établissement d'un critérium de stabilité hydraulique des réseaux à chauffage à distance**

Energetica 16 (1968), no. 8, p. 358–362

CD 338.068

Măcriş, A. : **L'optimisation des coûts en cas d'application de la ,,critical path method''**

Voici deux méthodes d'optimisation des coûts d'éxecution des travaux quand on applique la ,,critical path method'' et quand la variation des coûts par rapport à la durée d'exécution est établie.

Energetica 16 (1968), no. 8, p. 363–366

L'ENERGETIQUE A L'ETRANGER

CD. 620.9

Cartianu, P. : **Aspects économiques actuels de l'énergétique mondiale**

Vue d'ensemble sur les problèmes techniques et économiques du bilan mondial d'énergie primaire.

Energetica 16 (1968), no. 8, p. 367–373

NOTES

CD 621.315 : 621.37

Rothman, A. : **Transport de l'énergie électrique par microondes**

Energetica 16 (1968), no. 8, p. 373–376

CRONIQUE

COMPTES-RENDUS

INFORMATIONS TECHNIQUES

SUMMARY

DC 621.311.22 : 621–501.12

Nitu, V. I., Goldenberg, C. and *Ionescu, S.* : **Linear programming model used to forecast the development of power stations**

Here is a presentation of the problems put by the setting up of a mathematical model of the development of power stations, based on linear programming; characteristic restrictions and the function of efficiency considered are also mentioned. The authors try to find out unknowns concerning the categories of new power stations that could be built as well as those dealing with the way of operation of all power stations (existing or considered).

Energetica 16 (1968), nr. 8, p. 337–342

DC 621.311.23(498)

Fulga, C. and *Păun, M.* : **Gas turbine power plant Bucharest-South**

The power plant Bucharest-South provided with gas turbines is described with refference to the main characteristics of the equipment

Energetica 16 (1968), nr. 8, p. 343–352

DC 621.311.22 : 534.322.3

Schlötter, Fr., Comănescu, T., Velichi, V. and *Pavnotescu, O.* : **Some problems about steam discharge noise at power stations and means to reduce them**

Results obtained at the Grozăveşti power plant through installation of noise damper in view of reducing the noise produced by steam discharge, specially at starting and stopping the boilers.

Energetica 16 (1968), nr. 8, p. 353–357

DC 697.34

Crăciun, M. : **Contribution for determining a hydraulic stability criterion for heat network**

Energetica 16 (1968), nr. 8, p. 358–362

DC 338.068

Măcriş, A. : **Optimising costs by the critical path metohd**

Two methods are given to optimise the construction costs of projects supervised by the critical path method, when cost variation during the execution are known.

Energetica 16 (1968) nr. 8, p. 363–366

ENERGETICS ABROAD

DC 620.9

Cartianu, P. : **Actual economic aspects of world energetics**

A perspective view of technical and economic problems of primary energy world scale balance

Energetica 16 (1968), nr. 8, p. 367–373

NOTES

DC 621.315 : 621.37

Rothman, A. : **Electric energy transport by microwaves**

Energetica 16 (1968), nr. 8, p. 373–376

CHRONICLE

REVIEWS

TECHNICAL INFORMATIONS

Model de programare liniară pentru previziunea dezvoltării centralelor electrice (I)

Dr. ing. V. I. Nitu, ing. C. Goldenberg și ing. S. Ionescu *)

Activitatea de cercetare pe plan mondial, din ultimii ani, în domeniul planificării sistemelor energetice a condus la primele realizări practice legate de folosirea unei tehnici de calcul moderne.

Pentru elaborarea modelelor de previziune se folosesc metodele cercetării operaționale, bazate în principal pe programarea matematică — liniară, neliniară sau dinamică — sau pe teoria simulării. Între acestea, programarea liniară s-a afirmat ca una dintre tehnicile de optimizare cele mai utilizate în practica actuală, codurile moderne elaborate pentru calculatoarele numerice rapide permițînd rezolvarea unor programe cu peste 1000 de restricții și un număr de necunoscute practic nelimitat.

Modelul liniar propus a fost elaborat avîndu-se în vedere următoarele considerente principale :

— problema fizică se pretează la o modelare liniară, ținînd seamă de caracterul său de previziune ;

— problema dezvoltării centralelor sistemului energetic național, formulată în acest mod, poate fi rezolvată practic cu calculatoarele numerice din țara noastră.

1. Aspecte generale și de principiu

1.1. Dezvoltarea rapidă a consumului de energie electrică și importanța crescîndă a acestuia în viața economică și socială impun elaborarea unor programe optime de dezvoltare a centralelor electrice, rezultînd din alegerea cea mai potrivită a unor combinații de centrale electrice, în așa fel încît necesitățile să fie asigurate în condițiile economice cele mai avantajoase.

Problema este următoarea : dispunînd de *informații* referitoare la :

- — datele energetice de bază (inițiale) la nivelul anilor examinați : necesități de putere și energie electrică, necesități de căldură asigurate din centralele de termoficare, disponibilități de forme de energie primară etc. ;
- — centralele electrice existente în momentul în care se face examinarea, centralele care urmează a se realiza cert (angajate) și în mod corespunzător pentru acestea date tehnice și economice asupra echipamentelor (tipuri, puteri, caracteristici), date de exploatare etc. ;
- — posibilitățile de realizare de noi centrale electrice (proiecte sau categorii de centrale posibile cu datele tehnice și economice corespunzătoare),

informațiile care trebuie obținute sînt :

- — care din proiectele (sau categoriile de centrale) posibile trebuie realizate în perioada examinată ;
- — cum trebuie să funcționeze toate centralele sistemului (existente, angajate și noi),

în așa fel încît în condițiile criteriului de eficiență admis soluția să fie optimă.

Rezolvările efectuate prin calcule manuale sau prin mijloace simple de mecanizare trebuie să se limiteze la un număr relativ redus de variante caracteristice, a căror studiere comparativă conduce la propunerea unei soluții de dezvoltare. În aceste condiții, volumul mare de calcule limitează numărul de variante studiate ; pe de altă parte, datorită faptului că aceste calcule sînt efectuate numai pentru anumite condiții (ipoteze admise inițial) — a căror modificare necesită o reluare tot atît de laborioasă a examinării —, variantele care se studiază sînt de multe ori lipsite de elasticitatea necesară impusă de condițiile reale.

Modelul matematic propus, elaborat în cadrul Institutului de studii și proiectări energetice, se referă strict la „structura'' centralelor, fără a ține seamă în faza actuală de problema transporturilor de energie ; din acest punct de vedere modelul trebuie considerat ca o primă etapă.

Modul de tratare a evoluției sistemului printr-o suită de studii ce alcătuiesc „planificarea sistemului'' este utilizat astăzi pe plan mondial și este confirmat și de practica din țara noastră. Diferitele aspecte ale dezvoltării sînt înlănțuite într-o ordine logică, pe categorii mari de probleme : prognoza consumurilor — putere, energie electrică și căldură, stabilirea structurii centralelor electrice, dezvoltarea rețelelor de transport, dezvoltarea rețelelor urbane, rurale etc. Interdependențele și condiționările reciproce între categoriile de probleme sînt reflectate printr-o rezolvare iterativă.

1.2. Într-o lucrare anterioară*) a fost prezentat un model matematic de dezvoltare a centralelor electrice folosind programarea liniară cu variabile mixte (o parte din variabile pot lua orice valori nenegative continue, iar altele numai valori discrete, booleene 0 sau 1). Nedispunînd pînă în prezent de un astfel de cod de programare, modelul a fost reformulat ca o problemă de programare liniară clasică, caracterizată prin:

---

*) Dr. ing. V. I. Nitu este directorul Institutului de studii și proiectări energetice ; ing. C. Goldenberg și ing. S. Ionescu sînt proiectanți șefi la același institut.

*) C. Goldenberg, S. Ionescu, N. Mișu, M. Staadecker „Aplicarea programării liniare pentru determinarea structurii optime a centralelor din R.S. România''. Sesiunea științifică a Centrului de calcul economic și cibernetică economică — București, iunie 1967.

Stabilirea optimului (minimum sau maximum) unei expresii liniare, denumită funcție de eficiență (sau de cost, obiectiv), care cuprinde un număr oarecare de necunoscute, ținînd seamă de următoarele condiții:

— toate necunoscutele sînt nenegative (pozitive sau nule);

— necunoscutele sînt supuse unor restricții liniare, exprimate sub forma unor inegalități (sau egalități) algebrice.

Funcția de eficiență și restricțiile conțin două categorii de necunoscute:

— necunoscutele strategice — cele principale, referitoare la echipament (categoriile de centrale care trebuie realizate ca dezvoltarea să fie optimă);

— necunoscutele tactice — referitoare la exploatare (modul de funcționare a centralelor asupra cărora se adoptă decizia de realizare, precum și a centralelor existente și angajate în așa fel încît pe ansamblu soluția — strategia — să fie cea optimă).

O formulare de principiu (făcînd abstracție de formulările particulare pentru centralele de termoficare, în care trebuie evidențiată energia electrică în regim de contrapresiune, și pentru centralele hidroelectrice de acumulare prin pompaj, în care apare energia consumată pentru pompaj) se consideră utilă pentru evidențierea mărimilor caracteristice principale ale centralelor electrice.

Dacă se notează prin:

m — indicele care caracterizează o anumită centrală electrică, sau o categorie de centrale din cele noi;

P_m — puterea instalată a centralei (sau a categoriei de centrale), GW;

ξ_m — necunoscuta strategică, $\xi_m \leqslant 1$; pentru centralele noi, puterea optimă rezultată a fi instalată din cadrul centralelor de categoria m va fi $P_m \xi_m$. Dacă valoarea rezultată a variabilei ξ_m este zero, înseamnă că nu apare indicat a realiza categoria respectivă de centrale; pentru valori $0 < \xi_m \leqslant 1$ se obține cota optimă a categoriei m;

Z_m — numărul de agregate (de aceeași putere unitară și cu aceeași caracteristică energetică) ale categoriei respective;

ε_m — consumul serviciilor interne ale centralei, GW/GW;

τ_m^μ — un interval de timp de funcționare a centralei (legat de fracționarea curbei de sarcină în paliere, caracterizate prin indicele μ), h;

α_m^μ — necunoscuta tactică, coeficientul de încărcare al agregatelor din centrală pe intervalul τ_m^μ;

$$\alpha_m^{min} \leqslant \alpha_m^\mu \leqslant \beta_m^\mu,$$

unde

α_m^{min} reprezintă puterea relativă minimă;

β_m^μ — coeficientul puterii efectiv disponibile;

respectiv

β_m — coeficientul puterii efectiv disponibile iarna;

a_m — consumul de mers în gol al unui agregat din centrală, 10^3t c.c./h;

b_m — creșterea relativă a consumului de combustibil, t c.c./MWh;

k_m^μ — coeficientul de înrăutățire a consumului de combustibil pe intervalul τ_m^μ.

În modelul propus, caracteristicile energetice ale agregatelor sînt considerate liniare, ceea ce reprezintă în general o bună aproximație; în consecință, creșterile relative b_m sînt constante. Coeficientul k_m^μ permite însă o diferențiere între caracteristicile energetice pentru perioade de timp diferite ale funcționării (pe luni sau anotimpuri), prin afectarea unor valori caracteristice pentru perioada respectivă (de exemplu pentru marcarea influenței condițiilor de răcire a agregatelor termoelectrice).

Se exprimă:

Puterea instalată a centralei:

$$P_m \xi_m \text{ [GW]} \tag{1}$$

Puterea efectiv disponibilă netă iarna:

$$(1 - \varepsilon_m)\, \beta_m\, P_m\, \xi_m \text{ [GW]} \tag{2}$$

Energia electrică livrată pe intervalul τ_m^μ

$$(1 - \varepsilon_m)\, \alpha_m^\mu\, P_m\, \xi_m\, \tau_m^\mu \text{ [GWh]} \tag{3}$$

Consumul de combustibil pe intervalul τ_m^μ

$$k_m^\mu (a_m Z_m + b_m \alpha_m^\mu P_m) \xi_m \tau_m^\mu \text{ [}10^3\text{t c.c.]} \tag{4}$$

Evident,

— necunoscutele ξ_m se referă numai la centralele noi; pentru centralele existente și angajate, $\xi_m = 1$;

— necunoscutele α_m^μ se referă la toate centralele.

Este de observat că, sub forma prezentată, relațiile (3) și (4) sînt neliniare, deoarece conțin produsul a două variabile $\alpha_m^\mu \cdot \xi_m$. Un aspect esențial al modelului îl constituie liniarizarea relațiilor; este de dorit totodată reducerea la minimum posibil a numărului de relații care intervin.

Relațiile (3) și (4) sînt de forma:

$$C_1 \alpha \xi \qquad (3')$$

$$C_2 \xi + C_3 \alpha \xi, \qquad (4')$$

iar necunoscutele caracterizate prin:

$$\xi \leqslant 1 \qquad (5)$$

$$\alpha \geqslant \alpha^{min} \qquad (6)$$

$$\alpha \leqslant \beta \, . \qquad (7)$$

Prin substituțiile de variabile $\lambda = \alpha - \alpha^{min}$ și $\Lambda = \lambda\xi$, se ajunge la:

$$C_1' \Lambda + C_1'' \xi \qquad (3'')$$

$$C_2' \xi + C_3' \Lambda \qquad (4'')$$

cu restricțiile

$$\xi \leqslant 1 \qquad (5')$$

$$\Lambda \leqslant (\beta - \alpha^{min}) \, \xi. \qquad (6')$$

După cum se constată, liniarizarea a fost efectuată fără a introduce aproximări; restricțiile apar sub altă formă și prin substituția făcută numărul lor este mai redus.

Pentru redarea formulărilor de principiu sub o formă mai simplă, la § 3 vor fi folosite relațiile neliniarizate (1)...(4).

2. Unele probleme ale elaborării modelului

În elaborarea și aplicarea modelului propus a apărut necesitatea rezolvării unor probleme, din care cele principale sînt:

2.1. *Referitor la datele de bază (inițiale)*

2.1.1. Reprezentarea necesităților de putere și energie electrică printr-o curbă de sarcină „idealizată", caracteristică fiecărui an din perioada studiată, constituită din paliere. Acestea sînt trepte de putere, rezultînd din gruparea unor puteri cu caracter asemănător, sumate ținînd seamă de factorii externi care influențează asupra regimului de funcționare al centralelor (în principal hidraulicitatea și variația consumului de căldură al centralelor de termoficare).

Potrivit examinărilor efectuate apare indicat a lua în considerare fracționarea în anotimpuri: iarna (octombrie—martie), primăvara (aprilie—mai), vara (iunie—septembrie), cu treptele de putere: seara, dimineața, ziua, noaptea și zile de repaus.

2.1.2. Precizarea necesităților de căldură asigurate din centralele de termoficare și profilul acestora, deoarece aceste centrale intervin cu cote obligate de putere și energie produsă în regim de contrapresiune. În model, centralele de termoficare constituie cunoscute ale problemei, în schimb modul lor optim de funcționare este afectat de necunoscute tactice.

2.1.3. Sistematizarea disponibilităților de forme de energie primară pentru producerea energiei electrice și pentru producerea căldurii în centralele de termoficare, în sensul selecționării celor obligate — rezultate din optimizarea balanței energetice generale — de cele libere, care pot interveni la închiderea acesteia.

2.1.4. Precizarea datelor tehnice și economice pentru categoriile de centrale existente, angajate și noi.

Pentru centralele hidroelectrice este necesar să fie stabilite valorile referitoare la: puteri (instalate, efectiv disponibile, sarcini minime impuse), energii (livrabile anual sau pe „anotimpuri"), investițiile specifice diferențiate după tipurile caracteristice de centrale hidroelectrice noi și domeniul posibil de variație a acestora (în vederea parametrizării) și cheltuielile anuale. Datele tehnice trebuie cunoscute pentru diferite ipoteze de hidraulicitate (anul hidrologic mediu de calcul, respectiv anii cu asigurări mai ridicate).

Pentru centralele termoelectrice și nuclearoelectrice trebuie stabilite valorile referitoare la: puteri (instalate, efectiv disponibile, nete, sarcini minime), coeficienții de disponibilitate (timpii de funcționare), caracteristicile energetice ale agregatelor, investițiile specifice diferențiate după tipurile de centrale noi, domeniul de variație a acestora și elementele de calcul pentru cheltuielile anuale.

2.2. *Referitor la clasificarea și gruparea centralelor electrice*

Sistematizarea are în vedere ca criterii principale de selecție: tipul centralei, faptul dacă centrala este existentă sau angajată sau intră în categoria centralelor noi, combustibilul principal utilizat, mărimea agregatului unitar, diferențierea după investiția specifică.

2.3. *Referitor la alegerea grupelor de centrale noi*

În examinare, centralele noi trebuie cunoscute ca o listă de categorii de posibilități dependente, pentru șirul de ani examinați, de anul extrem cel mai depărtat; pentru anii intermediari, o serie de cote pot fi relativ mai reduse. Cunoscînd necesitățile din anul cel mai depărtat, printr-un calcul foarte sumar se poate stabili cu totul aproximativ o variantă de puteri noi, necondiționată ca optim economic, și se pot prevedea în consecință, ca posibilități de centrale noi, valorile extreme din toate categoriile de centrale realizabile. Necunoscuta strategică $\xi_m (\xi_m \leqslant 1)$ urmează a defini puterea fiecărei categorii din centralele noi.

2.4. *Referitor la exprimarea modului de funcționare a centralelor electrice*

Corespunzător metodei matematice de investigare adoptată — programarea liniară —, este necesară formularea mărimilor caracteristice prin relații liniare, după cum s-a arătat la § 1.2.

2.5. *Referitor la puterea de rezervă necesară*

Dată fiind dificultatea luării în considerare a puterii de rezervă necesare (în special a celei pentru avarie, corespunzătoare gradului de siguranță adoptat), proprie fiecărei variante de structură a puterilor, în cadrul rezolvării prin programare liniară a fost elaborat un algoritm prin care să se țină seama în mod obiectiv de puterea de rezervă necesară. Algoritmul propus condiționează că :

— valoarea admisă inițial pentru puterea de rezervă (și care se corectează prin calcule iterative) trebuie să coincidă cu cea necesară, proprie soluției optime ;

— soluția optimă se păstrează ca optimă, în comparație cu celelalte soluții posibile, care necesită o valoare mai redusă a puterii de rezervă.

2.6. *Referitor la rezolvarea parametrică*

Abaterile dintre prevederi și realitatea probabilă conduc la necesitatea rezolvării parametrice. În acest scop se prevede efectuarea calculelor în două trepte de tratare : o primă treaptă, în care se presupun certe datele inițiale, cu excepția costurilor (efectuînd parametrizări asupra acestora), și o a doua treaptă cu variația (pe rînd) a unor date inițiale principale. Pentru precizarea valorii parametrilor ce conduc la decizia optimă, apare necesar a se face apel la metodele teoriei deciziilor.

3. Restricțiile și funcția de eficiență

3.1. *Restricțiile*

Tipurile de restricții avute în vedere sînt următoarele :

3.1.1. Restricția de tip I : acoperirea necesarului maxim anual de putere.

Această restricție (o inecuație) este exprimată prin : suma puterilor efectiv disponibile nete ale centralelor în luna decembrie ⩾ puterea maximă anuală de vîrf plus puterea de rezervă la vîrf.

$$\sum_m (1-\varepsilon_m)\,\beta_m\,P_m\,\xi_m \geqslant P^{an} + P_r^{an}\ [\mathrm{GW}] \qquad (8)$$

pentru m, care parcurge mulțimea tuturor centralelor electrice.

3.1.2. Restricțiile de tip II : acoperirea necesarului de energie electrică pe fiecare din palierele curbei de sarcină idealizate.

Ecuațiile corespunzătoare acestor restricții (numărul ecuațiilor fiind egal cu numărul palierelor) corespund la : suma energiilor livrate de centralele electrice pe fiecare palier = energia necesară palierului.

$$\sum_m (1-\varepsilon_m)\,\alpha_m^{\mu}\,P_m\,\xi_m\,\tau_m^{\mu} = \hat{E}^{\mu}\ [\mathrm{GWh}] \qquad (9)$$

pentru m, care parcurge mulțimea tuturor centralelor electrice ; μ, luat pe rînd pentru fiecare palier în parte.

Stabilirea lui $\hat{E}^{\mu}$ are în vedere energia electrică produsă în regim de contrapresiune și consumul serviciilor interne pentru producerea căldurii în centralele de termoficare. Pentru cazul centralelor hidroelectrice cu acumulare prin pompaj au fost date formulări particulare.

3.1.3. Restricțiile de tip III : trecerea sarcinii minime (golului de noapte).

Aceste restricții (inecuații, al căror număr este egal cu cel al sarcinilor minime considerate) se exprimă prin : suma puterilor livrabile de centralele în funcțiune la minimul tehnic ⩽ puterea minimă de noapte considerată plus puterea consumată de centralele hidroelectrice cu acumulare prin pompaj.

$$\sum_m (1-\varepsilon_m)\,\alpha_m^{min}\,P_m\,\xi_m \leqslant (\hat{P}^{\mu})_{min}\ [\mathrm{GW}] \qquad (10)$$

pentru m, care parcurge mulțimea tuturor centralelor, cu excepția celor ce nu funcționează ; μ, luat pe rînd pentru palierele de noapte.

Stabilirea lui $(\hat{P}^{\mu})_{min}$ are în vedere consumul serviciilor interne pentru producerea căldurii în centralele de termoficare și consumul centralelor hidroelectrice cu acumulare prin pompaj.

3.1.4. Restricțiile de tip IV : obligativitatea consumării unor anumite disponibilități de forme de energie primară.

Restricțiile (inecuații, al căror număr este egal cu cel al formelor obligate de energie primară) sînt formulate prin : necesarul de combustibil pentru centralele care utilizează o anumită formă de energie primară (de exemplu lignit) ⩾ cantitatea de energie primară disponibilă pentru producerea energiei electrice.

$$\sum_m \sum_{\mu} k_m^{\mu}\,(a_m Z_m + b_m\,\alpha_m^{\mu}\cdot P_m)\,\xi_m\,\tau_m^{\mu} \geqslant B_i [10^3\mathrm{t\ c.c.}] \qquad (11)$$

pentru m, care parcurge mulțimea centralelor electrice care utilizează o anumită formă de energie primară obligată ; μ, care parcurge toate palierele curbei de sarcină.

3.1.5. Restricţia de tip V: nedepăşirea unui anumit nivel de energie primară sub formă de combustibil clasic.

Această restricţie (o inecuaţie) se formulează prin: necesarul de combustibil clasic pentru producerea energiei electrice $\leqslant$ cantitatea de combustibil clasic disponibil pentru producerea energiei electrice.

$$\sum_{m} \sum_{\mu} k_m^\mu \,(a_m Z_m + b_m \,\alpha_m^\mu \,P_m)\, \xi_m \,\tau_m^\mu \leqslant B \;[10^3 \text{ tc.c.}] \tag{12}$$

pentru m, care parcurge mulţimea centralelor electrice care utilizează combustibil clasic; μ, care parcurge toate palierele curbei de sarcină.

3.1.6. Restricţiile de tip VI: obligativitatea consumării energiei livrabile (corespunzătoare celei productibile) a centralelor hidroelectrice.

Numărul ecuaţiilor corespunzătoare acestor restricţii este dependent de tipul şi numărul centralelor hidroelectrice.

Restricţiile rezultă din ipoteza că toată energia productibilă (livrabilă) a centralelor hidroelectrice poate fi consumată de sistemul energetic. Această ipoteză este justificată prin specificul structurii centralelor din ţara noastră, în care contribuţia CHE în acoperirea necesităţilor de putere şi energie electrică este relativ redusă, deşi în valoare absolută energia productibilă a CHE va creşte mult în etapele viitoare.

În condiţiile din ţara noastră se pot stabili energiile productibile şi livrabile anuale pentru toate tipurile caracteristice de centrale hidroelectrice, cu excepţia CHE cu acumulare prin pompaj, iar pentru CHE cu regularizare zilnică (fără acumulări importante şi centrale de bază pe firul apei) şi CHE pe Dunăre se pot predetermina energiile livrabile pe anotimpuri — pentru diferite ipoteze de hidraulicitate. Energiile se calculează pe baza curbelor de regim ale debitelor cursurilor de apă respective şi a caracteristicilor tehnice ale centralelor (puterea şi energia productibilă funcţie de cădere, variaţia în timp a căderii, reparaţiile planificate şi de după avarie, consumul serviciilor interne etc. ...).

Restricţiile se formulează:

— Pentru CHE de vîrf: energiile livrate anual = suma energiei livrate în toate palierele:

$$\sum_{\mu} (1 - \varepsilon_{n})\, \alpha_m^\mu \,P_w \,\xi_m \,\tau_m^\mu = E_m^{\Sigma\mu} \quad [\text{GWh}] \tag{13}$$

pentru

m, reprezentînd pe rînd cîte o CHE de vîrf;
μ, care parcurge toate palierele;
$E_m^{\Sigma\mu}$ fiind energia livrabilă anuală.

— Pentru celelalte tipuri de CHE: energiile livrate pe anotimpuri = suma energiilor livrate pe palierele din cadrul unui anotimp:

$$\sum_{\mu} (1 - \varepsilon_m)\, \alpha_m^\mu \,P_m \,\xi_m \,\tau_m^\mu = E_m^\mu \quad [\text{GWh}] \tag{14}$$

pentru

m, reprezentînd pe rînd cîte o CHE, cu excepţia celor de vîrf;
μ, care parcurge palierele din cadrul unui anotimp;
E_m^μ fiind energia livrabilă pe anotimp.

3.1.7. Restricţiile de tip VII: relaţii care delimitează valorile necunoscutelor care apar în model.

Aici sînt caracterizate:

— necunoscutele strategice

$$\xi_m \leqslant 1 \tag{15}$$

— necunoscutele tactice

$$\alpha_m^{min} \leqslant \alpha_m^\mu \leqslant \beta_m. \tag{16}$$

Pe lîngă restricţiile evidenţiate mai sus, după necesităţi, ar putea fi aplicate şi o serie de restricţii de tipul:

— obligativitatea unui aport minim total de energie livrată de centralele hidroelectrice (la fel se poate pune condiţia unei limitări superioare);

— nedepăşirea unui plafon limitat de investiţii pentru realizarea centralelor electrice;

— limitarea valorii importului de echipamente etc. etc.

3.2. *Funcţia de eficienţă*

Criteriul economic admis este condiţionat numai de condiţia de liniaritate; realizarea minimului (sau maximului) funcţiei de eficienţă apare integrată în problema matematică de programare.

Utilizînd ca funcţie (criteriu) de eficienţă Z, cheltuielile anuale de calcul, acestea în forma cea mai simplă de exprimare sînt date de:

$$Z = C + pI = \text{minim}, \quad [\text{mil.lei/an}] \tag{17}$$

unde

C reprezintă cheltuielile anuale totale, mil. lei/an;
I — investiţiile totale, mil.lei;
p — coeficientul normat al eficienţei relative, [an^{-1}].

Se formulează astfel:

$$Z = \sum_{m \in N} \pi_m \,i_m \,P_m \,\xi_m \,(\nu_m + p) + \sum_{\mu} (\pi_k c_k + p\,\rho_k \,i_k) \sum_{m \in T} k_m^\mu \,(a_m Z_m + b_m \,\alpha_m^\mu \,P_m)\, \xi_m \,\tau_m^\mu = \text{minim} \quad [\text{mil. lei/an}] \tag{18}$$

pentru

$m \in N$, parcurgînd mulțimea tuturor grupelor de centrale noi;

$m \in T$, parcurgînd mulțimea tuturor centralelor electrice care utilizează combustibil (clasic și nuclear);

μ, care parcurge toate palierele curbei de sarcină.

Pe lîngă notațiile evidențiate la § 1.2, în relația (18) mai apar:

i_m — investiția specifică pentru centralele din categoria m, mil.lei/GW;

π_m — parametru referitor la i_m;

ν_m — coeficient de stabilire a cheltuielilor fixe, cuprinzînd: amortismentul, reparațiile capitale, salarii, cheltuielile de întreținere generale etc.;

c_k — prețul combustibilului clasic, marginal, mil.lei/10^3 t c.c.;

π_k — parametru referitor la c_k;

i_k — investiția specifică pentru asigurarea combustibilului clasic, marginal, $\frac{\text{mil.lei/an}}{10^3 \text{ t c.c.}}$;

ρ_k — parametru referitor la i_k.

(Pentru centralele nuclearoelectrice mărimile c_k, π_k, i_k, ρ_k trebuie considerate cu valori proprii acestor centrale.)

Parametrii π_m, π_k și ρ_k urmează a fi stabiliți avînd în vedere posibilitățile de variație a costurilor. Varianta pivot este constituită pentru $\pi_m = 1$; $\pi_k = 1$; $\rho_k = 1$, putînd astfel studia influența afectării unor valori ale parametrilor diferiți de unitate.

Criteriul cheltuielilor anuale de calcul capătă o formulare mai complexă dacă se ține seamă de factorul timp în eșalonarea investițiilor; această formulare poate fi obținută considerînd termenii din relația (18) afectați de factorul timp prin înglobarea influenței acestuia în valoarea lui $\pi_m i_m$.

4. Considerații asupra aplicării modelului propus

4.1. Integrarea centralelor noi, dinamic, în cadrul unui program de dezvoltare este posibilă deși modelul liniar propus presupune determinarea structurii optime și modului de funcționare a centralelor pe rînd pentru fiecare din anii din perioada studiată.

O astfel de rezolvare poate fi realizată prin obținerea soluțiilor optime pentru fiecare din anii perioadei, netinîndu-se seamă de soluția rezultată pentru un an anterior, ci numai de situația inițială (centralele existente și angajate în evoluția lor). Din punct de vedere practic, o astfel de examinare este ușor de realizat prin codurile perfecționate de programare liniară, deoarece aceasta presupune numai modificări ale datelor inițiale, caracteristice anului respectiv. O decizie favorabilă va fi luată pentru acele centrale electrice noi a căror necunoscute strategice aferente, ξ_m, rezultă constante sau crescătoare (de la an la an), urmînd ca pentru celelalte centrale (în situațiile în care o centrală ar rezulta ca avantajoasă în anul i, dar neavantajoasă în anul $i + j$, $j > 0$) deciziile să rezulte prin studii marginale. O ultimă etapă de calcul ar putea fi constituită și prin comasarea unor ani și studierea globală a acestora; evident, o astfel de grupare este condiționată de numărul sporit de necunoscute și restricții rezultate.

4.2. Avînd în vedere posibilitățile largi de parametrizare pe care le oferă modelul de programare liniară, se poate obține un număr sporit de informații, care prezintă un interes deosebit. Evoluția soluțiilor poate fi urmărită astfel calitativ și cantitativ, prin explorarea ansamblului de soluții posibile, măsurînd efectele incertitudinii asupra datelor admise inițial. Apelul la teoria deciziilor îmbogățește cunoștințele asupra strategiei adoptate.

4.3. Modelul este bazat pe programarea liniară clasică (cu variabile continue). În acest fel, apariția în soluție a unor necunoscute strategice $\xi_m < 1$ indică favorabilă realizarea unei părți ξ_m din puterea P_m a categoriei m de centrale electrice.

Prin adoptarea, ca metodă de investigare, a programării liniare cu variabile mixte, necunoscutele strategice ξ_m ar fi putut lua numai valorile discrete 1 sau 0, ceea ce ar fi însemnat da sau nu în realizarea unei centrale electrice de putere P_m. O astfel de metodă este de reținut ca o posibilitate viitoare legată în principal de existența unui cod perfecționat de programare liniară cu variabile mixte.

În cadrul modelului prezentat, trecerea de la variabilele continue la puteri reale ale centralei (multiple de numere întregi ale puterilor unitare) poate fi realizată printr-un procedeu iterativ, prin corectarea rezultatelor obținute referitoare la puterile optime noi la valorile puterilor reale cu datele economice aferente.

4.4. Aplicarea practică a modelului propus constituie calea principală de verificare a valabilității acestuia. În acest scop au fost elaborate modele pentru calculatoarele din țara noastră I.C.T.-1905 și ELLIOTT-4120 la care au fost efectuate o serie de aplicații numerice. Rezultatele practice, obținute pentru o gamă largă de examinări parametrice, au confirmat justețea soluțiilor și prin aceasta modul de punere a problemei. Cercetările efectuate vor fi prezentate în numărul următor al revistei.

(Articol intrat în redacție la 16 martie 1968)

Centrala electrică cu turbine cu gaze de la București-Sud

Ing. C. Fulga și ing. M. Păun *)

Conform studiilor tehnico-economice întocmite de I.S.P.E., a rezultat, în condițiile sistemului electroenergetic din R.S. România, în perioada 1966—1970, ca necesară și oportună instalarea a trei turbine cu gaze cu o putere totală de 108 MW într-o centrală electrică la București-Sud, destinate acoperirii zonei de vîrf a curbei de sarcină și care să constituie totodată o rezervă de putere pentru cazuri de avarii.

Durata de utilizare anuală a puterii instalate a fost prevăzută de la 2 000 pînă la 4 000 h/an. La începutul perioadei 1966—1970, aceste agregate urmau să acopere o parte și din necesitățile zonei de semibază a curbei de sarcină. În perioada de exploatare în regim de semibază, apreciată la 3—4 ani, centrala urma să producă 200—400 mil. kWh/an.

Montarea celor trei grupuri din centrală a început în decembrie 1965 și s-a terminat în septembrie 1966.

Proiectul nu a prevăzut în prima etapă recuperarea căldurii din gazele de evacuare, dar în viitor se vor instala recuperatoare de căldură a gazelor de ardere evacuate cu o temperatură de maximum 475°C. Din gazele de ardere ale celor trei grupuri se pot recupera 108 Gcal/h. La amplasarea centralei cu turbine cu gaze s-a avut în vedere posibilitatea de racordare a recuperatoarelor la rețeaua de termoficare din sudul orașului București. Prin instalarea recuperatoarelor de căldură, randamentul global al centralei poate crește de la circa 26 la 66 %.

Turbinele cu gaze folosesc drept combustibil principal gazele naturale, iar drept combustibil de rezervă motorina.

Centrala este echipată cu trei grupuri de tipul TG—36 de 36,3 MW fiecare, pentru temperatura aerului ambiant de 15°C, construite de firma FIAT — Italia. Grupul este realizat pe doi arbori. Generatoarele, de 47,25 MVA fiecare la tensiunea de 10,5 kV, sînt racordate bloc cu transformatoare de 50 MVA, 10,5/110 kV și sînt legate prin cabluri subterane de 110 kV la barele stației CET București-Sud.

Generatoarele pot fi folosite și în regim de compensatoare sincrone, cuplajul dintre rotorul grupului de joasă presiune și rotorul alternatorului fiind realizat printr-o cuplă canelată cu comandă hidraulică, debreiabilă la funcționarea cu sarcină redusă (sub 1 MW).

1. Ciclul termodinamic

Turbina TG—36 este o turbină cu gaze cu ciclu deschis, pe doi arbori, cu două etaje de compresie în serie, cu răcire intermediară și două etaje de destindere în serie, cu recombustie intermediară. Schema de principiu este arătată în figura 1, iar diagrama ciclului termodinamic în figura 3. Din diagramă rezultă următoarele :

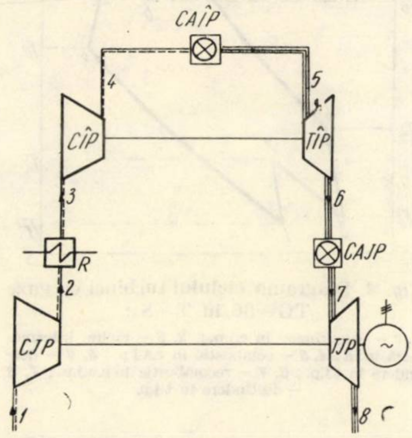


Fig. 1. Schema de principiu a TG—36 : *CJP* — compresor de joasă presiune; *R* — răcitor intermediar; *CÎP* — compresor înaltă presiune; *CAÎP* — camera de ardere de înaltă presiune; *TÎP* — turbină de înaltă presiune; *CAJP* — camera de ardere de joasă presiune; *TJP* — turbina de joasă presiune.

— Aerul ambiant este comprimat în compresorul de joasă presiune (*CJP*) pînă la 2,5 kgf/cm², răcit într-un răcitor intermediar (*R*) și apoi comprimat din nou în compresorul de înaltă presiune (*CÎP*) pînă la presiunea de 15,5 kgf/cm².

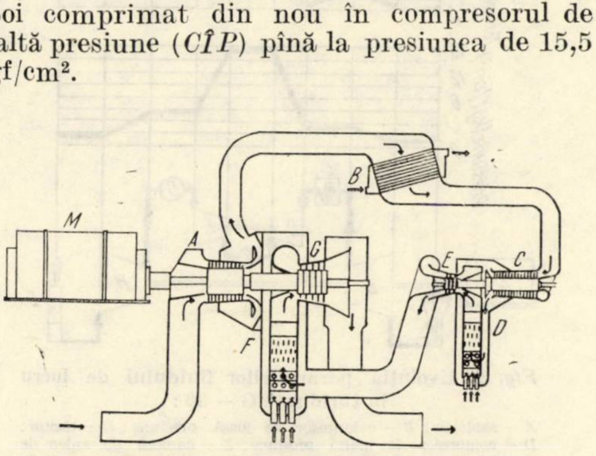


Fig. 2. Schema de principiu constructivă a TG-36 : *A* — compresor joasă presiune; *B* — răcitor intermediar; *C* — compresor înaltă presiune; *D* — camera de ardere de înaltă presiune; *E* — turbina de înaltă presiune; *F* — cameră de ardere de joasă presiune; *G* — turbina de joasă presiune; *M* — alternator.

— Aerul comprimat, încălzit în camera de ardere de înaltă presiune (*CAÎP*), intră, cu temperatura de 788°C, în turbina de înaltă presiune (*TÎP*); gazele destinse sînt introduse în camera de ardere de joasă presiune, unde sînt din nou încălzite, și, cu aceeași temperatură de 788°C, intră în turbina de joasă presiune (*TJP*), după care se destind pînă la presiunea atmosferică.

---

*) Ing. Constantin Fulga este director general la I.E.C. București; ing. Mihai Păun este inginer șef adjunct la I.E.C. București.

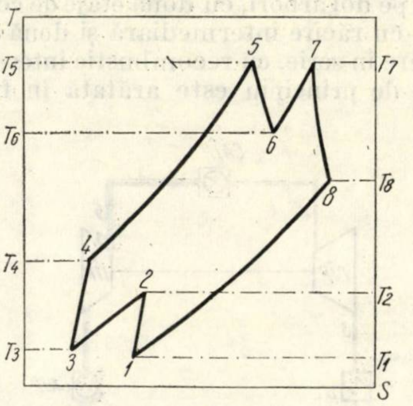


Fig. 3. Diagrama ciclului turbinei cu gaze TG—36 în T—S :

1, 2 – comprimare în c.j.p.; *2, 3* – răcire intermediară în *R*; *4, 5* – combustie în c.a.î.p.; *5, 6* – destindere în t.î.p.; *6, 7* – recombustie în c.a.j.p.; *7, 8* – destindere în t.j.p.

În figura 4 este reprezentată evoluția temperaturii și presiunii fluidului de lucru în turbina TG—36.

Turbina de înaltă presiune produce numai puterea necesară pentru antrenarea compresorului de înaltă presiune, iar turbina de joasă presiune produce puterea necesară pentru antrenarea compresorului de joasă presiune și a generatorului electric.

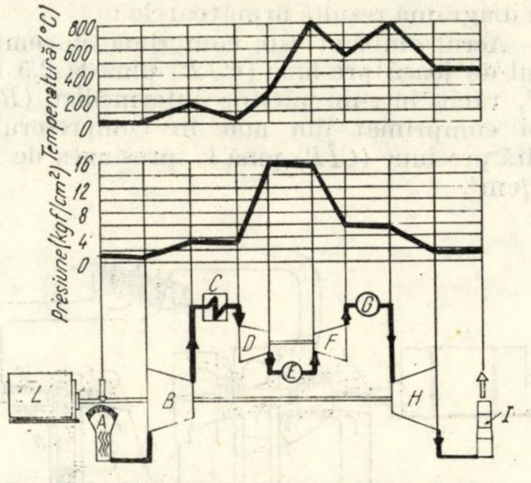


Fig. 4. Evoluția parametrilor fluidului de lucru în turbina TG — 36 :

A – aspirație; *B* – compresor de joasă presiune; *C* – răcitor; *D* – compresor de înaltă presiune; *E* – cameră de ardere de înaltă presiune; *F* – turbină de înaltă presiune; *G* – cameră de ardere de joasă presiune; *H* – turbină de joasă presiune; *L* – alternator; *I* – evacuare.

Grupul de înaltă presiune, constituit din turbină și compresor de înaltă presiune, are turația nominală de 5740 rot/min. Turbina de înaltă presiune dezvoltă o putere de 51 000 CP, necesară antrenării compresorului de înaltă presiune.

Grupul de joasă presiune, constituit din turbina de joasă presiune și generator, are turația de 3000 rot/min. Turbina de joasă presiune dezvoltă o putere de 88 400 CP, din care 32 700 CP sînt absorbiți de compresorul de joasă presiune, restul de 55 700 CP reprezentînd puterea utilizabilă la cupla arborelui de joasă presiune, transformată de generator în putere electrică.

Camerele de ardere *ÎP* și *JP* au caracteristicile prezentate în tabela 1.

Tabela 1

Nr. crt.	Parametrul	U/M	Valoarea la :	
			CAÎP	***CAJP***
1	Presiunea gazelor la ieșirea din camera de ardere	kgf/cm²	15,5	5,5
2	Temperatura gazelor la ieșire din camera de ardere	°C	788	788
3	Debitul de gaze la intrare	kg/s	158	172,5
4	Cantitatea de căldură introdusă	kcal/s	32 700	11 200

2. Descrierea generală a echipamentului termodinamic

2.1. *Descrierea grupurilor de înaltă și joasă presiune*

Grupul de joasă presiune este reprezentat în figura 5, iar cel de înaltă presiune în figura 6. Se poate observa că turbina de joasă presiune are 5 trepte, iar compresorul de joasă presiune este realizat cu 9 trepte; turbina de înaltă presiune are 3 trepte, iar compresorul de înaltă presiune este realizat cu 14 trepte.

Statorul. Structura fixă a turbinei cu gaze TG—36 este de tip monobloc, adică compresorul și turbina sînt reunite într-un singur corp. Corpul este format din două părți îmbinate între ele cu buloane, după un plan orizontal care trece prin axul mașinii, pentru a ușura și simplifica montajul, controlul și întreținerea.

Corpul compresorului este din oțel-carbon turnat, în timp ce corpul turbinei este din oțel-crom-molibden, de asemenea turnat.

Paletele statorice ale compresorului și ale turbinei sînt sudate la cele două capete pe două semi-inele, unul exterior și celălalt interior. La compresor, inelele exterioare port-palete statorice sînt asamblate în canale circulare uzinate în corp. La turbină însă, inelele portpalete statorice nu sînt montate direct pe corp, ci sînt fixate de acesta prin intermediul unei alte serii de inele. În acest fel, între corpul turbinei și zona paletelor traversate de gaze încălzite se obține o cameră de separație, în care se introduce o mică cantitate de aer comprimat relativ rece; aceasta în scopul de a se menține corpul turbinei la o temperatură destul de joasă, ceea se face posibilă utilizarea oțelului Cr—Mo la confecționarea sa. Soluția constructivă adoptată pentru asamblarea paletelor statorice ale compresorului și ale turbinei permite demontarea ușoară a semi-inelelor portpalete statorice, făcîndu-le să se rotească în canale fără a fi nevoie să se demonteze rotorul.

La grupul de joasă presiune, lagărul rotorului, dinspre turbină, este sprijinit pe difuzorul turbinei cu ajutorul a două serii de șase raze elastice sudate tangențial. La grupul de înaltă presiune, o singură serie de șase raze elastice unește direct lagărul rotorului dinspre turbină cu difuzorul turbinei. Cu acest sistem constructiv se evită deformațiile și eforturile excesive asupra structurii și mai ales se asigură păstrarea centrării rotorului și în funcțiune, deoarece lagărul, sub efectul dilatărilor diferențiale ale ansamblului, se rotește păstrînd neschimbată poziția axei sale longitudinale.

Rotorul. La grupurile de joasă și înaltă presiune, paletele compresorului și ale turbinei sînt montate pe un singur rotor. Acesta, sprijinit numai pe două lagăre, este format din arborele compresorului, arborele intermediar — acela care formează o bară rigidă între compresor și turbină — și o serie de discuri ale turbinei. Paletele compresorului sînt montate pe o serie de discuri separate, care sînt calate la cald pe arbore (fără pene) și formează o singură piesă rigidă. La capătul acestui arbore, dinspre aspirație, este uzinat fusul pentru cuzinetul de susținere și discul lagărului axial. Cealaltă extremitate a arborelui compresorului este asamblată cu arborele intermediar, de construcție tambur, gol în interior. Rotorul turbinei se compune dintr-un număr de discuri din oțel austenitic Ni—Cr, cinci pentru grupul de joasă presiune și trei pentru grupul de înaltă presiune, asamblate între ele cu ajutorul unei danturi frontale cu flancuri curbe.

Aceste danturi ale discurilor — concave la unele, convexe la altele — constituie, datorită simplicității construcției, un sistem de asamblare de calitate ce menține riguros centrate părțile asamblate și admite o oarecare libertate de deformare a acestor discuri, ce se găsesc la temperaturi diferite.

Strîngerea între discurile turbinei și arborele intermediar este realizată cu 10 tiranți care trec prin tot atîtea găuri ale discurilor turbinei. Capătul rotorului turbinei, dinspre eșapare, este constituit dintr-un arbore terminal asamblat cu ultimul disc al turbinei și pe care este uzinat fusul cuzinetului.

Suporții. Structura grupului de joasă și înaltă presiune este suportată, spre compresor, de plăcile de fundații, de care este prinsă cu buloane rigid, iar la celălalt capăt, spre turbină, este suportată de două biele puternice oscilante, articulate de corpul turbinei și de plăcile de fundație. Prin urmare, structura întreagă este liberă să se dilate spre capătul dinspre turbină, în timp ce este rigid fixată la capătul dinspre compresor. În plus, corpul turbinei este fixat la partea inferioară pe structura fundației printr-un suport elastic, bară de torsiune, care are drept scop să împiedice eventualele deplasări transversale ale statorului, dar permițînd libera dilatare a structurii de-a lungul axei longitudinale a turbinei.

Caracteristicile constructive descrise sînt aceleași pentru cele două grupuri de înaltă și joasă presiune.

2.2. *Paletele statorice și rotorice ale grupurilor de înaltă și joasă presiune*

Caracteristicile constructive de mai jos sînt aceleași pentru cele două grupuri de înaltă și joasă presiune.

Paletele statorice ale compresorului de înaltă și joasă presiune. Semi-inelele portpalete statorice de la compresoare sînt prevăzute cu labirinți de etanșare, formați din tole subțiri sudate pe semi-inele interne. Aceste tole reduc jocurile între rotor și stator și fac etanșarea pe crestele discurilor compresorului, limitînd astfel scăpările de-a lungul inelelor statorice. Prima coroană de palete statorice — paletele de intrare — acționează ca deviator de flux, cu scopul de a dirija aerul spre prima coroană de palete rotorice. În aval de ultima coroană de palete rotorice sînt fixate două coroane de palete statorice montate pe un inel exterior și unul interior, care au rolul de redresoare de flux pentru dirijarea aerului spre difuzor în sens axial. Dispunerea paletelor este arătată în figurile 5 și 6.

Paletele rotorice ale compresorului de înaltă și joasă presiune. Caracteristicile principale ale paletelor rotorice sînt arătate în figura 7, unde se prezintă o parte din disc și din paletele sale. De remarcat la această construcție că paletajul rotoric este de tip autocentrat. Paletele sînt fixate în canale uzinate pe discuri, avînd o înclinație stabilită. Picioarele de fixare a paletelor sînt în coadă de rîndunică, pentru a oferi secțiuni de rezistență mare la eforturile de forfecare. La mijlocul fiecărui canal este prevăzut un alezaj în care este introdus un resort spiral și un știft de oprire. Cînd paleta este introdusă în șanțul ei, știftul este apăsat spre fundul alezajului, lăsînd să alunece paleta. Cînd acesta este în poziție definitivă, știftul de oprire împins de resortul respectiv intră pe jumătate în canalul de pe piciorul paletei, în timp ce cealaltă jumătate rămîne în locaș.

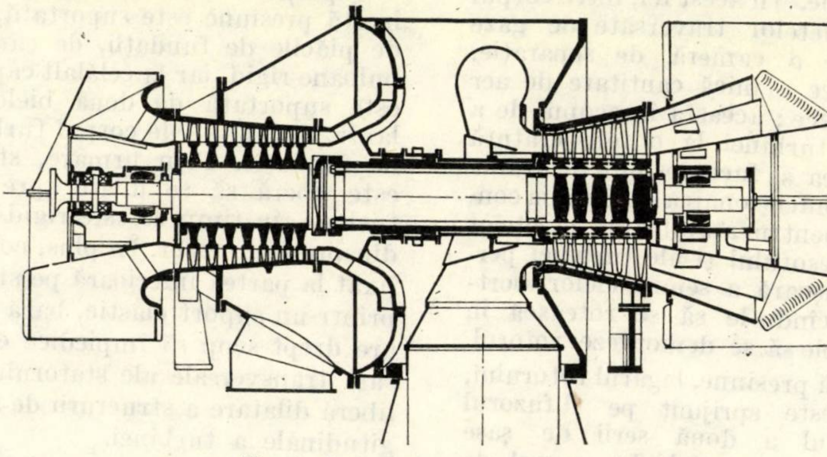


Fig. 5. Grupul de joasă presiune.

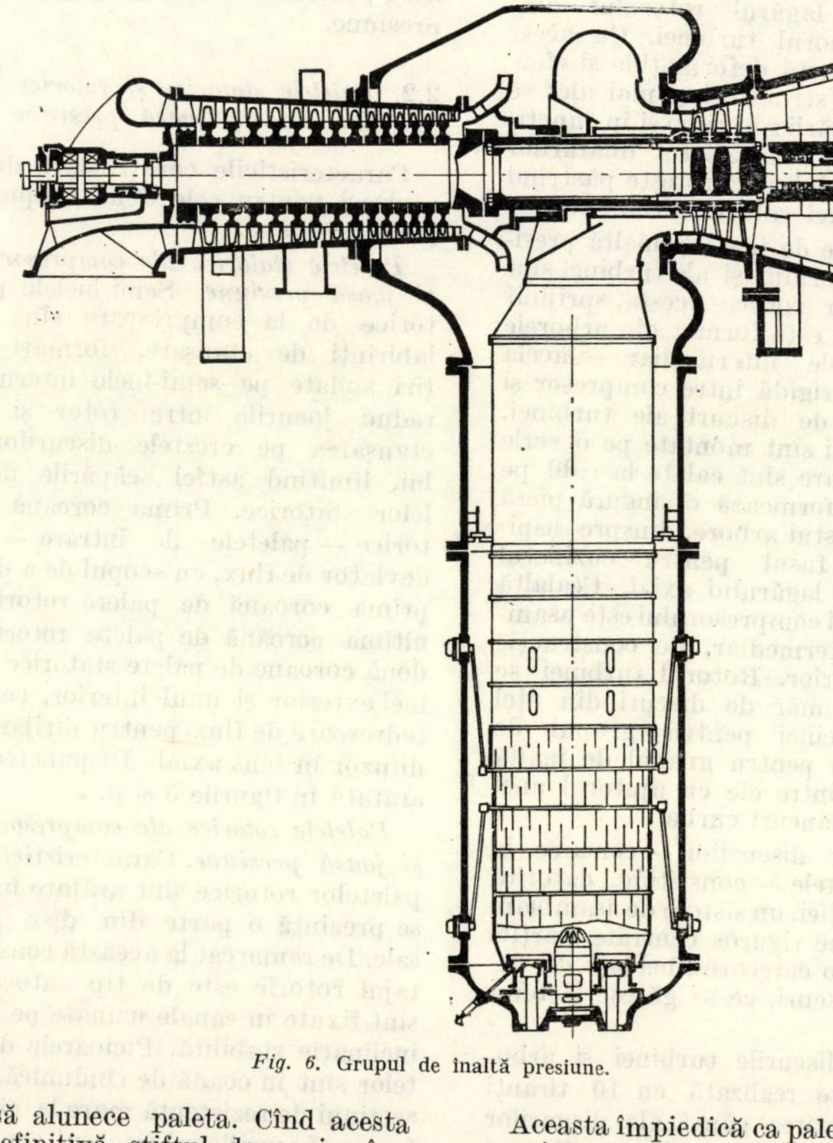


Fig. 6. Grupul de inaltă presiune.

Aceasta împiedică ca paleta fixată să se deplaseze în propriul canal. Pentru demontarea paletei, astfel blocată, știftul de oprire este forfecat de deplasarea dată paletei prin lovire cu ciocanul, obținîndu-se o demontare foarte ușoară a paletelor.

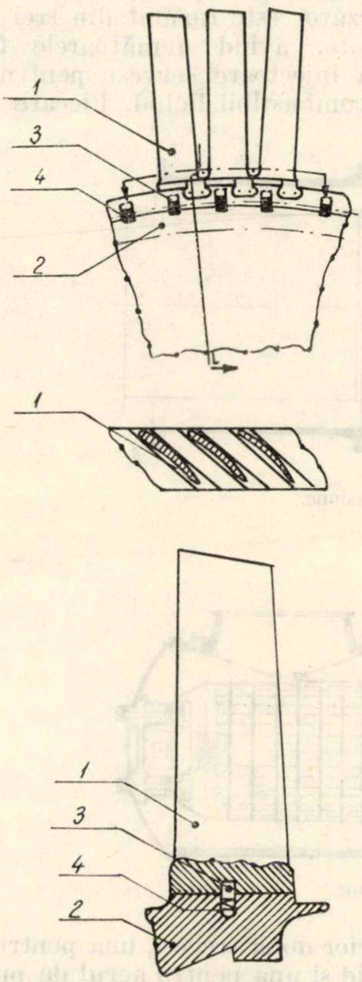


Fig. 7. Paletele rotorice ale compresoarelor de înaltă și joasă presiune.

Paletele statorice ale turbinei de înaltă și joasă presiune. Semi-inelele port-palete statorice ale turbinei (semi-inele distribuitoare) sînt montate pe o serie de alte semi-inele (semi-inelele port-distribuitoare), așezate la rîndul lor pe carcasa turbinei. Semi-inelele port-distribuitoare au fante prin care trece aerul preluat de la compresorul de înaltă presiune și care circulă în spațiul dintre inelele distribuitoare și peretele interior al corpului turbinei, în scopul asigurării răcirii statorului.

Paletele rotorice ale turbinei de înaltă și joasă presiune. Paletele rotorice ale turbinei sînt de tip autocentrat, cu picior cu profil con de brad răsturnat, cum se arată în figura 8. Pentru fixarea paletei pe disc este prevăzut un canal de formă semicirculară pe suprafața externă a coroanei discurilor, care poartă locașurile paletelor, iar perechea canalului se găsește la baza fiecărei palete (deasupra piciorului). În acest fel, după ce paleta este plasată în lăcașul său, se poate introduce în orificiul astfel obținut un știft de oprire care fixează paleta pe disc.

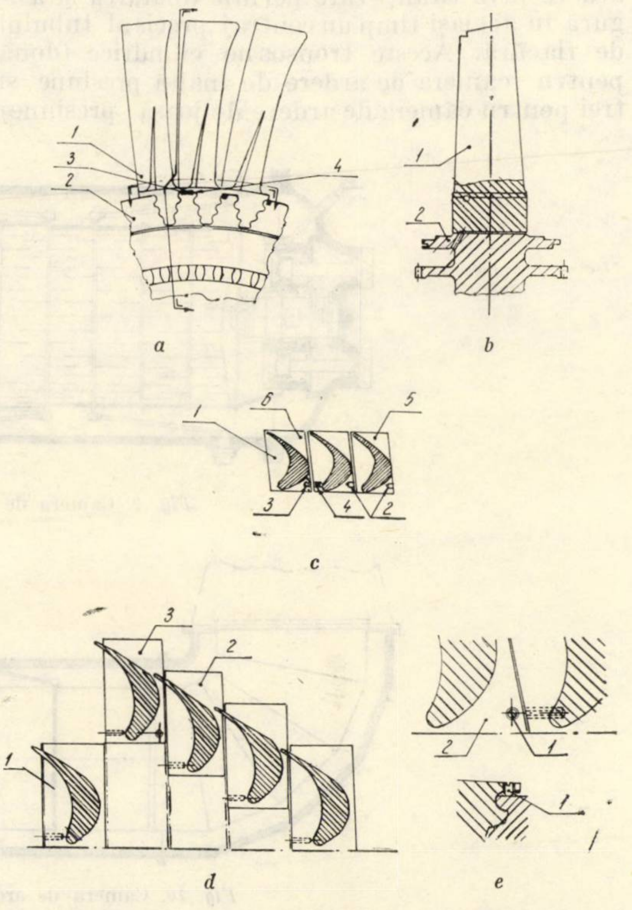


Fig. 8. Paletele rotorice ale turbinei de înaltă și joasă presiune.

2.3. *Camerele de ardere de joasă și înaltă presiune*

La grupurile de joasă și înaltă presiune, combustibilul este injectat și apoi ars în interiorul unui tub de flacără conținut într-un cilindru din oțel ce reprezintă carcasa camerei de ardere, avînd axul vertical la grupul de înaltă presiune și axul orizontal la grupul de joasă presiune (fig. 9 și 10). Acest cilindru este închis la un capăt cu un capac în care sînt dispuse șase arzătoare cu dispozitivele aferente de turbionare. Injecția combustibilului se face prin duze montate la capătul celor șase arzătoare. Aprinderea combustibilului se face cu o bujie de înaltă tensiune așezată în vecinătatea arzătorului-pilot. De la acest arzător se aprind apoi și celelalte cinci arzătoare.

Camera de ardere de joasă presiune este legată cu eșaparea turbinei de înaltă presiune printr-o conductă pe care se găsesc compensatoare elastice, care au rolul de a permite dilatarea liberă a structurii.

În camerele de ardere de înaltă și joasă presiune, tubul de flacără este din oțel inoxidabil cu Ni — Cr și este împărțit în tronsoane cilindrice, libere, dar legate cu corpul camerei de ardere prin tiranți care permit dilatarea și asigură în același timp un centraj precis al tubului de flacără. Aceste tronsoane cilindrice (două pentru camera de ardere de înaltă presiune și trei pentru camera de ardere de joasă presiune) sînt formate din diverse inele sudate între ele, excepție făcînd ultimul tronson, format dintr-o singură piesă din tole sudate.

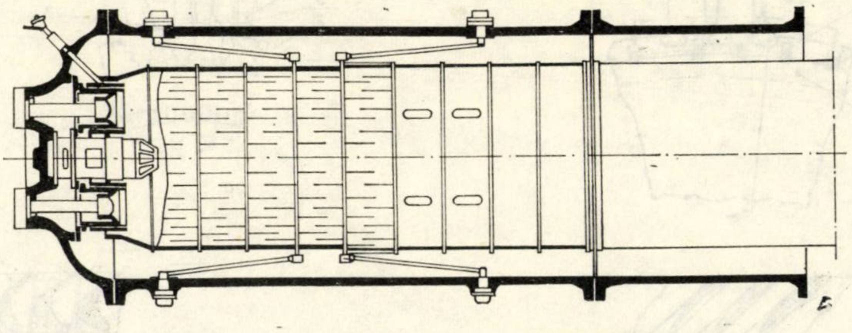


Fig. 9. Camera de ardere de înaltă presiune.

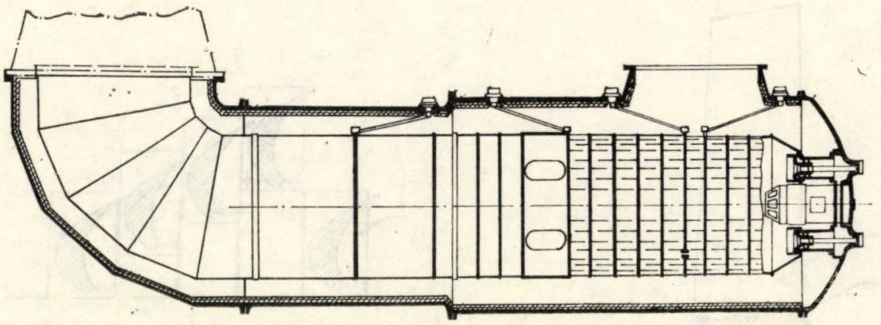


Fig. 10. Camera de ardere de joasă presiune.

De-a lungul întregii suprafețe a inelelor tubului de flacără sînt prevăzute deschideri tangențiale, prin care intră aerul necesar arderii, aer provenit de la ieșire din compresorul de înaltă presiune pentru camera de ardere de înaltă presiune și eșaparea turbinei de înaltă presiune pentru camera de ardere de joasă presiune. Deschiderile tangențiale prevăzute în inelele din apropierea capacelor servesc pentru introducerea aerului primar, în timp ce celelalte deschideri servesc pentru introducerea aerului secundar. O parte din aerul secundar este introdus în tubul de flacără printr-un con difuzor central, care are scopul de a ameliora condițiile de ardere în zona centrală a tubului de flacără. În ultimul tronson al tubului de flacără se găsesc o serie de ferestre (șase la camera de ardere de joasă presiune și douăsprezece la camera de ardere de înaltă presiune), pentru introducerea aerului de reglare a temperaturii gazelor la ieșirea din camerele de ardere.

Construcția arzătoarelor este redată în figura 11.

La grupul de înaltă presiune, combustibilul, fie lichid, fie gazos, este injectat prin șase arzătoare, fixate pe capacul camerei de ardere. Fiecare arzător este format din trei injectoare independente, avînd următoarele funcțiuni :

a) Două injectoare servesc pentru funcționarea cu combustibil lichid. Fiecare dintre ele are în interior două treceri, una pentru combustibilul lichid și una pentru aerul de pulverizare. La capătul fiecărui injector este fixată duza de pulverizare.

b) Un injector servește pentru funcționare cu combustibil gazos.

La grupul de joasă presiune, combustibilul, fie lichid, fie gazos, este injectat tot prin șase arzătoare. Duzele de pulverizare sînt confecționate din oțel rezistent la coroziune și la temperaturi înalte.

2.4. *Compresoarele de gaze naturale*

Pentru alimentarea cu combustibil gazos, centrala este prevăzută cu o stație de compresoare acționate electric.

Compresoarele sînt de tipul HHF/2 ap, cu piston cu două trepte de comprimare. Caracteristicile compresoarelor sînt :

— presiunea de aspirație	2,5—6 at
— presiunea de refulare treapta I	12 at
— presiunea de refulare treapta II	30 at
— debitul efectiv nominal	17 600 Nm^3/h
— turația	300 rot/min

Compresorul este antrenat de un electromotor sincron trifazat, de 6 kV, 50 Hz, cu puterea de 1 950 kW. Între cele două trepte de comprimare este prevăzută răcirea intermediară. Compresorul are patru cilindri cu dublu efect, dintre care trei pentru treapta I şi unul pentru treapta II.

Sistemul de reglaj al compresorului permite reglarea debitului de la 100 % pînă la zero,

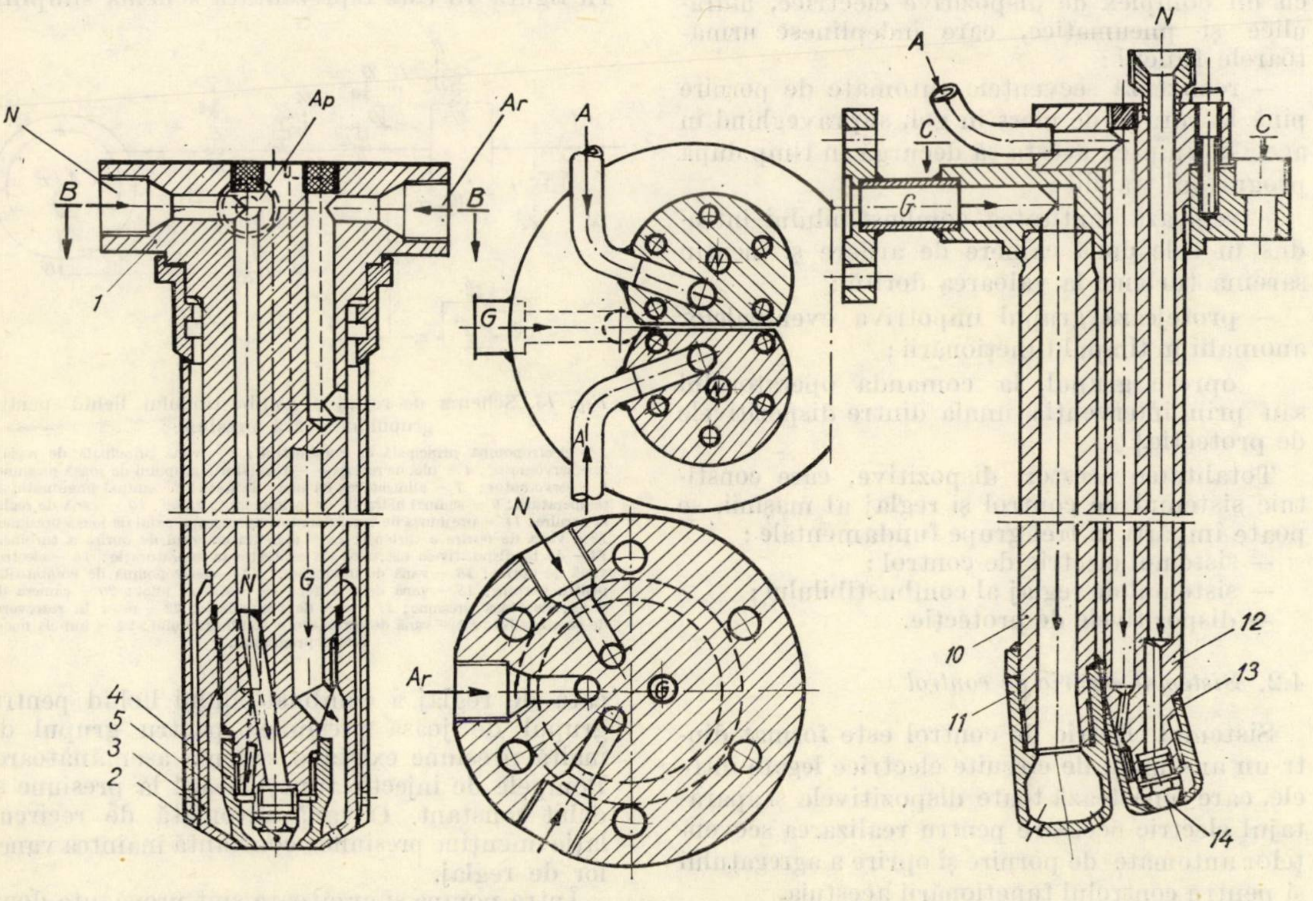

N
Ap
Ar
A
B
B
1
N
G
4
5
3
2
G
A
N
Ar
G
A
N
C
G
C
10
11
12
13
14

Fig. 11. Arzătoare combinate.

printr-o cameră cu spaţiu mort adiţional prevăzută pe un cilindru al primei trepte şi pe cilindrul treptei a doua. Comanda sistemului de reglaj este automată.

3. Instalaţiile electrice

Centrala de turbine cu gaze Bucureşti-Sud este echipată cu trei generatoare de 37,25 MVA fiecare, la tensiunea de 10,5 kV, racordate bloc cu cîte un transformator de 50 MVA 10,5/115. Pentru serviciile proprii de curent alternativ ale centralei pe gaze, s-au ales ca tensiuni de utilizare 6 şi 0,4 kV, la 6 kV fiind racordate motoarele cu puteri mai mari de 200 kW.

Schema electrică, adoptată pentru serviciile proprii ale centralei pe gaze, prevede secţii separate pentru fiecare bloc şi secţie separat pentru serviciile proprii generale atît pe partea de 6 kV cît şi pe partea de 0,4 kV. Serviciile proprii de 6 kV ale celor trei blocuri sînt amplasate la un loc cu serviciile generale de 6 kV. Serviciile proprii de 0,4 kV ale celor trei blocuri sînt amplaste la un loc cu serviciile generale de 0,4 kV şi tabloul de curent continuu.

Schema electrică monofilară este redată în figura 12.

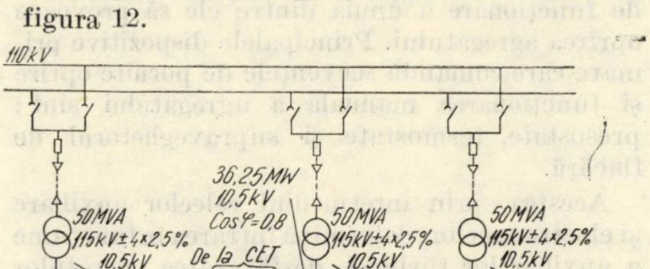

110kV
36,25MW
10,5kV
Cosφ=0,8
50MVA
115kV±4×2,5%
10,5kV
G1
De la CET
G2
G3
36,25MW
10,5kV
Cosφ=0,8
SI
6kV
SG
SII
SIII
36,25MW
10,5kV
Cosφ=0,8
Si
SI
0,4kV
S.G
SII
SIII
Si

Fig. 12. Schema electrică monofilară a centralei cu turbine cu gaze.

Alimentarea secţiilor de servicii proprii se face prin transformatoare de 6,3 MVA 10,5/ /6,3 kV legate bloc cu generatoarele şi transformatoarele bloc 50 MVA — 115/10,5 kV.

4. Instalaţiile de control, protecţie şi automatizare

4.1. Turbinele cu gaze TG—36 sînt înzestrate cu un complex de dispozitive electrice, hidraulice şi pneumatice, care îndeplinesc următoarele funcţii :

— realizează secvenţele automate de pornire pînă la turaţia de mers în gol, supraveghind în acelaşi timp ca acesta să decurgă în timp după programul stabilit ;

— reglează cantitatea combustibilului introdus în cele două camere de ardere şi menţin sarcina turbinei la valoarea dorită ;

— protejează grupul împotriva eventualelor anomalii în timpul funcţionării ;

— opresc grupul, la comanda operatorului sau prin intervenţia unuia dintre dispozitivele de protecţie.

Totalitatea acestor dispozitive, care constituie sistemul de control şi reglaj al maşinii, se poate împărţi în trei grupe fundamentale :
— sistemul electric de control ;
— sistemul de reglaj al combustibilului ;
— dispozitivele de protecţie.

4.2. *Sistemul electric de control*

Sistemul electric de control este format dintr-un ansamblu de circuite electrice legate între ele, care conectează toate dispozitivele şi aparatajul electric necesare pentru realizarea secvenţelor automate de pornire şi oprire a agregatului şi pentru controlul funcţionării acestuia.

Dispozitivele folosite în sistemul electric de control au fost astfel concepute, încît refuzul de funcţionare a unuia dintre ele să provoace oprirea agregatului. Principalele dispozitive primare care comandă secvenţele de pornire-oprire şi funcţionarea manuală a agregatului sînt : presostate, termostate şi supraveghetorul de flacără.

Acestea, prin intermediul releelor auxiliare şi electrovanelor, determină intrarea în funcţiune a auxiliarelor turbinei, desfăşurarea operaţiilor de secvenţă în ordinea şi timpul programat şi funcţionarea dispozitivelor de oprire a turbinei. Toate circuitele electrice de control se centralizează la două relee de bloc, care permit pornirea agregatului numai dacă sînt îndeplinite toate condiţiile necesare, sau determină oprirea agregatului în cazul cînd intervine unul dintre dispozitivele de protecţie.

4.3. *Sistemul de reglaj al combustibilului*

Arzătoarele de combustibil cu care sînt echipate camerele de ardere sînt cu duze cu secţiune constantă ; cantitatea de combustibil introdusă în camerele de ardere este funcţie de presiunea combustibilului în amonte de arzătoare.

Fiecare grup este dotat cu un sistem independent de reglaj şi de injecţie a combustibilului. În figura 13 este reprezentată schema simplificată de reglaj a combustibilului lichid pentru grupul de joasă presiune ; pentru grupul de înaltă presiune există o schemă asemănătoare. Pompele de injecţie funcţionează la presiune şi debit constant. O vană automată de recirculaţie menţine presiunea constantă înaintea vanelor de reglaj.

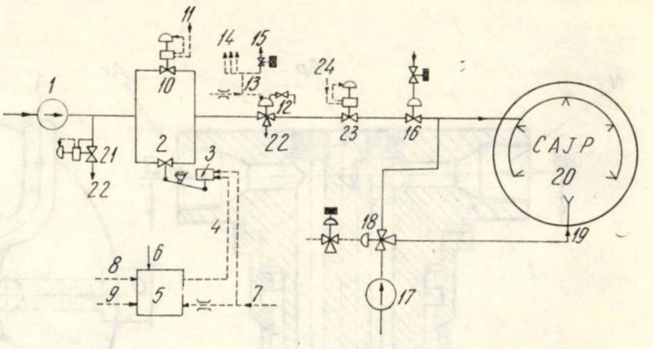


Fig. 13. Schema de reglaj a combustibilului lichid pentru grupul de joasă presiune :

1 — electropompă principală de combustibil ; *2* — vană principală de reglaj ; *3* — servomotor ; *4* — ulei de reglaj ; *5* — regulatorul grupului de joasă presiune ; *6* — servomotor ; *7* — alimentarea cu ulei de forţă ; *8* — semnal pneumatic de temperatură ; *9* — semnal hidraulic de la impeler (turaţie) ; *10* — vană de reglaj la pornire ; *11* — presiunea de la refularea compresorului axial de joasă presiune ; *12* — vana de oprire a turbinei ; *13* — ulei din circuitul de oprire a turbinei ; *14* — de la dispozitivele mecanice de protecţie la supraturaţie ; *15* — electrovană de oprire ; *16* — vană de intercepţie ; *17* — electropompă de combustibil pentru pornire ; *18* — vană de transfer ; *19* — arzător pilot ; *20* — camera de ardere de joasă presiune ; *21* — vană de recirculaţie ; *22* — retur în rezervorul de combustibil ; *23* — vană de comutare a combustibilului ; *24* — impuls pneumatic programat.

Între pompe şi arzătoare sînt prevăzute două vane de reglaj montate în paralel : una pentru faza de pornire, iar cealaltă pentru funcţionarea în sarcină. Prin modificarea secţiunii de trecere a acestor vane se realizează variaţia presiunii combustibilului înainte de arzătoare şi deci debitul de combustibil prin arzătoare.

Vanele de reglaj la pornire pentru grupurile de înaltă şi joasă presiune sînt comandate automat de presiunea de la refularea compresoarelor de aer respective, realizîndu-se practic deschiderea acestor vane funcţie de turaţia grupurilor.

Vanele principale de reglaj pentru cele două grupuri sînt comandate prin intermediul unor servomotoare de către regulatoarele de viteză ale grupurilor de înaltă şi joasă presiune. Regulatorul de viteză este de tip hidraulic şi realizează comanda servomotorului — deci deschiderea vanei principale de reglaj — variind presiunea în circuitul uleiului de reglaj. Circuitul de ulei de reglaj este alimentat cu ulei la presiunea constantă, trecînd printr-o diafragmă. Regulatorul stabileşte valoarea presiunii uleiului după diafragmă (presiunea de ulei de reglaj), reglînd cantitatea de ulei ce se descarcă din acest circuit, prin duze comandate de către regulator.

Deschiderea unei duze este condiţionată de poziţia unei pîrghii (bară de control) asupra căreia acţionează forţa proporţională cu parametrii caracteristici de funcţionare ai maşinii (viteza de rotaţie, temperatura gazelor, sarcina dorită etc.). Deschiderea duzei este determinată de echilibrul dintre momentul rezultant al forţelor ce acţionează asupra barei şi momentul creat de către presiunea uleiului de reglaj ce acţionează sub bară şi care este funcţie de poziţia barei.

Regulatorul grupului de înaltă presiune are trei bare, şi anume :

a) Bara de reglaj a vitezei de rotaţie şi a sarcinii ; reglează cantitatea de combustibil introdusă în camera de ardere de înaltă presiune pe timpul fazei de accelerare a turbogrupului, de la viteza de autosusţinere pînă la viteza de sincronism şi în timpul funcţionării în sarcină.

Principalele forţe care acţionează asupra acestei bare, în afară de presiunea uleiului de reglaj, care acţionează asupra barei de jos în sus, sînt :

— presiunea resortului variatorului de turaţie, care se comandă de la distanţă de către operator ;

— presiunea de aer de aservire care variază automat, funcţie de presiunea la refularea compresorului axial de joasă presiune ;

— o presiune de ulei proporţională cu pătratul vitezei de rotaţie a grupului de joasă presiune, aplicată astfel încît o creştere a acestei presiuni — deci o creştere a vitezei de rotaţie a grupului de joasă presiune — micşorează presiunea uleiului de reglaj, reducînd cantitatea de combustibil pentru grupul de înaltă presiune.

b) Bara limitatoare a acceleraţiei şi a temperaturii gazelor la intrare în turbină ; are funcţiunea de a limita cantitatea combustibilului introdus în camera de ardere de înaltă presiune în cazul unei variaţii rapide a turaţiei grupului de înaltă presiune şi atunci cînd temperatura gazelor de intrare în turbina de înaltă presiune depăşeşte o valoare prestabilită. Principalele forţe aplicate acestei bare, în afara presiunii uleiului de reglaj, care acţionează asupra barei de jos în sus, sînt :

— o presiune de ulei proporţională cu pătratul turaţiei grupului de înaltă presiune ;

— o presiune de aer reglată de un traductor de temperatură, care măsoară temperatura gazelor la intrarea în turbina de înaltă presiune ;

— împingerea unui arc de reglaj.

c) Bara limitatoare a vitezei maxime ; are funcţia de a reduce cantitatea de combustibil la camera de înaltă presiune atunci cînd este depăşită o limită prestabilită a turaţiei maxime. Această bară, printre altele, în cazul unei aruncări de sarcină, intervine reducînd rapid cantitatea de combustibil la grupul de înaltă presiune, evitînd astfel oprirea turbogrupului prin supraturaţia grupului de joasă presiune. Principalele forţe aplicate acestei bare, în afara presiunii uleiului de reglaj, aplicată barei de jos în sus, sînt :

— o presiune de ulei proporţională cu pătratul vitezei de rotaţie a grupului de înaltă presiune ;

— o presiune de aer care, în condiţii normale, are o valoare constantă şi care se anulează în cazul unei aruncări de sarcină de pe grupul de joasă presiune ;

— împingerea unui arc de reglaj.

Regulatorul grupului de joasă presiune are două bare, şi anume :

a) Bara de reglaj a turaţiei şi a sarcinii.

b) Bara limitatoare a acceleraţiei şi a temperaturii gazelor la intrarea în turbină.

Modul de funcţionare a barelor şi funcţiile lor, deci poziţia vanei principale de reglaj a combustibilului pentru grupul de joasă presiune, sînt asemenea celor descrise pentru barele similare ale regulatorului grupului de înaltă presiune, cu unica diferenţă că la prima bară lipseşte presiunea aerului de aservire.

Acest regulator acţionează, pe timpul funcţionării turbogrupului, la sarcini mai mari de circa 50%.

4.4. *Dispozitivele de protecţie*

Dispozitivele de protecţie sesizează anomaliile în funcţionarea turbinei şi comandă fie o semnalizare acustică şi optică, dacă aceste anomalii sînt între anumite limite şi care prin intervenţia operatorului pot fi eliminate, fie comandă oprirea imediată atunci cînd acestea depăşesc limitele maxime admise. Principalele anomalii în funcţionare care determină oprirea grupului sînt :

— insuficienta presiune de ulei de ungere ;

— temperatura depăşită a uleiului de ungere ;

— temperatura depăşită a cuzineţilor ;

— temperatura depăşită (supratemperatura) a gazelor la intrarea în turbinele de înaltă şi joasă presiune ;

— insuficienta presiune de combustibil ;

— stingerea flăcării la camera de ardere de înaltă presiune ;

— stingerea flăcării la camera de ardere de joasă presiune ;

— vibraţiile excesive ;

— supraturaţia grupului de înaltă presiune ;

— supraturaţia grupului de joasă presiune.

Dispozitivele de protecţie sînt formate în principal din termostate, presostate, dispozitive mecanice pentru supraturaţie, traductoare de vibraţii şi supraveghetoare de flacără.

Toate dispozitivele care comandă oprirea grupului, prin intervenţia lor, determină închiderea rapidă a două vane (vane de oprire a turbinei), care întrerup imediat alimentarea cu combustibil a arzătoarelor camerelor de înaltă şi joasă presiune. Aceste vane sînt comandate prin servomotoare cu membrană, care, pe timpul pornirii şi al funcţionării normale, sînt menţinute în poziţia ,,deschis'', permiţînd alimentarea cu combustibil a arzătoarelor, de către presiunea constantă prestabilită a unui circuit de ulei denumit ,,circuitul de ulei de oprire a turbinei''. Acest circuit, care este comun celor două camere — de înaltă şi joasă presiune —, este alimentat cu ulei la presiune constantă prin intermediul unei duze şi are o mică descărcare continuă pentru asigurarea fluidităţii uleiului.

Intervenţia unuia dintre aceste dispozitive, descrise mai sus, determină deschiderea unei vane de descărcare a uleiului din circuitul de ulei de oprire a turbinei, provocînd scăderea presiunii în acest circuit şi deci închiderea vanelor de oprire a turbinei.

5. Partea de construcţii şi arhitectură

Clădirea principală se compune din :

— sala turbinelor ;

— corpul anexă şi al camerei de comandă ;

— corpul filtrelor de aer.

Sala turbinelor se prezintă ca o hală complet închisă. S-a ales tipul de hală blindată pentru a opri propagarea în împrejurimi a zgomotului produs de turbine. Clădirea s-a executat din beton armat monolit în cofraj glisant.

Corpul anexă şi al camerei de comandă adăposteşte camera de comandă, staţiile de 6 şi 0,4 kV, podul de cabluri, trafo servicii interne, pompele de apă de răcire, instalaţiile de ventilaţie, bateria de acumulatoare, vestiarele, grupurile sanitare etc.

Clădirile s-au executat din beton armat monolit, cu excepţia planşeelor de acoperiş, care s-au executat din chesoane prefabricate. Corpul filtrelor de aer se compune dintr-o cameră de liniştire a aerului, cu priza de aer, şi din filtrele propriu-zise. Clădirea s-a executat din prefabricate, cu excepţia stîlpilor de susţinere a ramelor filtrelor.

6. Indici tehnico-economici

Principialii indici tehnico-economici ai centralei sînt următorii :

puterea electrică instalată	108,9 MW
producţia anuală de energie electrică la 4 000 ore funcţionare	436 GWh
la 2 000 ore funcţionare	218 GWh
Preţul de cost pentru energia electrică:	
— la 4 000 ore funcţionare anuală	
— la funcţionarea cu gaze	0,14 lei/kWh
— la funcţionarea cu motorină	0,297 lei/kWh
— la 2 000 ore funcţionare	
— la funcţionarea cu gaze	0,178 lei/kWh
— la funcţionarea cu motorină	0,335 lei/kWh
investiţia specifică totală	2 230 lei/kW instalat
investiţia specifică pentru partea de construcţie	316 lei/kW instalat
indicele volumului de construcţie pe kW instalat	0,73 m^3/kW
indicele suprafeţei de construcţie pe kW instalat	0,035 m^3/kW

Comparînd aceşti indicatori cu cei ai unei centrale termoelectrice cu abur de aceeaşi putere, se poate constata că investiţia specifică este mult mai redusă, de asemenea volumul şi suprafaţa ocupată.

În concluzie, se poate afirma că centrala cu turbine cu gaze de la Bucureşti-Sud este realizată la un înalt nivel tehnic şi corespunde din plin scopului pentru care a fost prevăzută.

(Articol intrat în redacţie la 26 martie 1968)

* * *

Amortizarea zgomotelor produse de eşaparea aburului în atmosferă la centralele termoelectrice

Ing. **Fr. Schlötter**, ing. **T. Comănescu**, ing. **V. Velichi** şi ing. **O. Pavnotescu** *)

Pentru reducerea zgomotului inerent activităţii industriale moderne la nivele sub limitele periculoase, este necesar să se ducă o acţiune continuă şi să se aplice soluţiile adecvate pentru fiecare loc de muncă sau zonă locuită.

Amortizarea zgomotelor produse de centralele electrice, în principal ca urmare a diverselor eşapări de abur, este o problemă care a preocupat de mult timp pe constructorii de centrale.

Astfel, a fost soluţionată parţial amortizarea zgomotului la diferite conducte de eşapare prin aplicarea de amortizoare de absorbţie. Cu amortizorul prezentat schematic în figura 1 s-a obţinut o reducere a intensităţii zgomotului cu circa 35 foni.

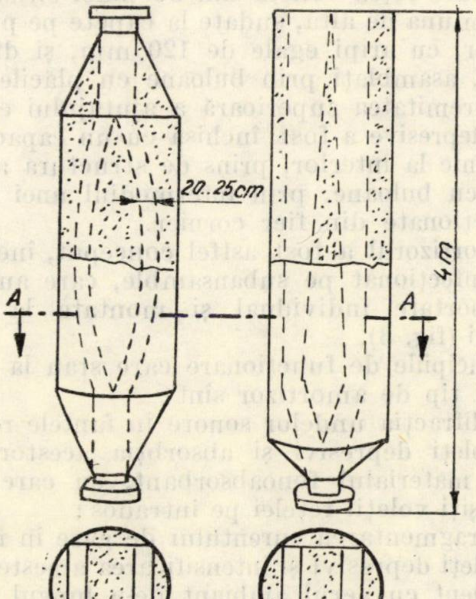


Fig. 1. Amortizor de zgomot montat pe eşaparea supapelor de siguranţă.

Un alt tip de amortizor folosit în străinătate cu succes la amortizarea zgomotelor produse de eşaparea aburului, cu recuperarea corespunzătoare a condensatului (la un debit de abur eşapat de 50 t/h, cu parametrii de 65 at şi 500°C), este redat în figura 2 şi se bazează pe principiul destinderii presiunii aburului în trepte.

La centralele electrice din R.S. România nu au fost aplicate pînă în prezent măsurile corespunzătoare care să asigure limitarea zgomotelor de eşapare a aburului sub valorile cerute de norme, cu toate că în decursul anilor s-au făcut unele încercări în această direcţie.

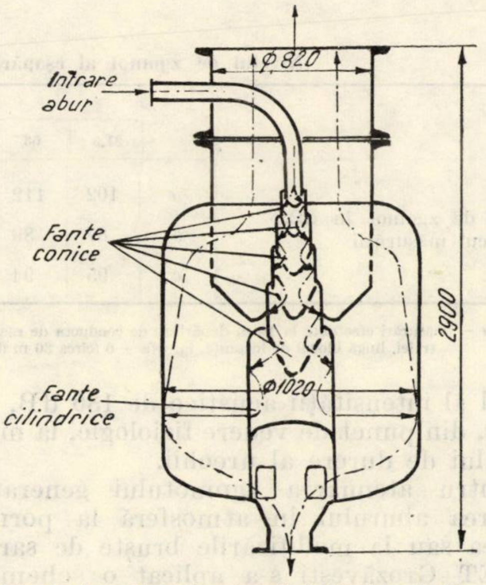


Fig. 2. Amortizor de zgomot de tipul cu destinderea presiunii în trepte.

Aspectele cele mai importante le prezintă oraşul Bucureşti, unde există, în centrul unor zone intens populate, două centrale electrice cu agregate de mare putere (CET Bucureşti-Sud şi CET Grozăveşti).

Începînd cu anul 1967 s-a elaborat un plan general de acţiune privind reducerea nivelului de zgomot la CET Grozăveşti şi CET Bucureşti-Sud. S-au efectuat cercetări şi s-au stabilit soluţiile capabile să rezolve problema zgomotului produs de eşaparea aburului, într-un mod satisfăcător.

Pentru crearea premiselor de bază necesare proiectării unor amortizoare corespunzătoare, au fost efectuate la CET Grozăveşti măsurări acustice.

Rezultatele măsurărilor efectuate asupra unei anumite surse (eşaparea supapelor de siguranţă ale supraîncălzitorului), înainte de realizarea amortizorului, sînt prezentate în tabela 1, în care literele *a*, *b* şi *c* simbolizează poziţiile microfonului în timpul efectuării măsurărilor.

Din analiza audiospectrogramei a rezultat că zgomotul generat de eşaparea aburului în atmosferă a avut un spectru continuu și aproape uniform, conținînd toate frecvențele audibile, valoarea maximă a intensității acustice fiind în toate cazurile plasată între frecvențele 1 000 și 4 000 Hz. Intensitatea acustică a depășit în toată gama de frecvențe audibile limita valorilor admise de normative.

---

*) Fr. Schlötter şi T. Comănescu sînt ingineri la Direcţia tehnică din M.E.E.; V. Velichi şi O. Pavnotescu sînt ingineri la IRME.

Zgomotul generat de sursa cea mai puternică, măsurată în punctul *a*, a avut un nivel global al intensității acustice de 130 dB, fiind situat, din punct de vedere fiziologic, la nivelul pragului de durere al urechii.

Tabela 1

Nivelul de zgomot al eșapării aburului la CET Grozăvești (fără amortizor)

		Frecvența, Hz										Nivelul global	
		31,5	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000	16 000	dB	foni
Nivelul de zgomot în dB, la locul măsurării	*a*	102	112	116	115	117	126	127	123	121	115	130	130
	b	87	89	90	91	99	102	102	100	95	84	105	105
	c	95	94	95	100	109	116	121	112	106	95	123	122

a — măsurări efectuate la 16 m depărtare de conducta de eșapare și cu 3,5 m sub planul secțiunii de ieșire a acesteia; *b* — măsurări efectuate în curtea centralei, lîngă blocul de locuințe, la cota ± 0 (circa 30 m de sursă); *c* — măsurări efectuate în interiorul sălii cazanelor, lîngă expandorul de purje.

Pentru atenuarea zgomotului generat de eșaparea aburului în atmosferă la pornirea, oprirea sau la modificările bruște de sarcină, la CET Grozăvești s-a aplicat o schemă de amortizor cu rețele depresive constituind o aplicare a efectului Coandă, căreia i s-a adăugat o carcasă exterioară parțială (soluția în ansamblu fiind propusă de dr. ing. C. Teodorescu și dr. ing. E. Moisei).

Cercetările teoretice și experimentale efectuate pînă în prezent de autorii soluției, precum și experiența acumulată în ultimii ani, au relevat particularitățile gazodinamice și acustice ale ajutajelor cu rețele depresive și avantajele pe care acestea le oferă în cazul aplicării lor la dispozitive pentru atenuarea zgomotelor gazodinamice.

Amortizoarele de zgomot cu rețele depresive au eficiență acustică mare în întreaga gamă de frecvențe a spectrului audibil, prezintă siguranță funcțională, au o durabilitate practic nelimitată și pot fi realizate la un preț de cost inferior celui al dispozitivelor clasice cu destinație similară.

Din motive tehnologice legate de schema termomecanică a centralei s-a impus prin temă ca amortizorul de zgomot să nu provoace o modificare însemnată a presiunii aburului înaintea amortizorului (cădere de presiune pe amortizor max. 0,2 at).

În acest sens s-a folosit schema de ajutaj cu rețele depresive cu distribuție variabilă a vitezelor prin fante. De asemenea, pentru conservarea direcției fluxului de abur eșapat fără introducerea unor rezistențe suplimentare, s-a folosit schema de ajutaj cu fante transversale. În scopul obținerii unui gabarit redus al amortizorului de zgomot, s-au utilizat rețele plane dispuse simetric pe laturile unui pătrat. Pentru sporirea eficienței acustice a amortizorului, rețelele au fost incluse în carcase individuale, căptușite la interior cu material fonoabsorbant.

Fiecare rețea constă din 38 plăci situate la 10 mm una de alta, sudate la capete pe profile cornier, cu aripi egale de 120 mm, și din 38 voleți, asamblați prin buloane cu plăcile.

Extremitatea superioară a ajutajului cu rețele depresive a fost închisă cu un capac tratat fonic la interior, prins de structura ajutajului cu buloane, prin intermediul unei rame confecționate din fier cornier.

Amortizorul a fost astfel conceput, încît să fie confecționat pe subansamble, care au fost transportate individual și montate la fața locului (fig. 3).

Principiile de funcționare care stau la baza noului tip de amortizor sînt:

— difracția undelor sonore în fantele rețelei cu voleți depresivi și absorbția acestora de către materialul fonoabsorbant, cu care sînt căptușiți voleții rețelei pe intrados;

— fragmentarea curentului de gaze în rețele cu voleți depresivi și intensificarea amestecului turbulent cu aerul ambiant de-a lungul voleților rețelei;

— absorbția zgomotului în interiorul canalului de către materialul fonoabsorbant, cu care sînt căptușiți pereții și ecranul amortizor de șocuri, care închide extremitatea în aval a canalului.

După trecerea prin reducție în amortizor, vaporii traversează canalul de atenuare primară și intră în tubul cu rețele depresive *B*, care din cauza capacului *C* sînt deviați de la direcția axială și dirijați către fantele *F* ale rețelelor cu voleții depresivi *R*.

Părăsind fantele *F*, aburul se scurge pe extradosul voleților depresivi, fiind deviat de la direcția normală pe axa canalului, în sensul curgerii.

Evoluţia vaporilor de-a lungul voleţilor depresivi determină apariţia zonelor depresionale caracteristice efectului Coandă şi, implicit, a forţelor gazodinamice care dau o rezultantă opusă ca sens forţei vaporilor, forţa care solicită ecranul amortizor de şocuri, micşorînd astfel substanţial forţa totală care acţionează asupra dispozitivului amortizor în ansamblu.

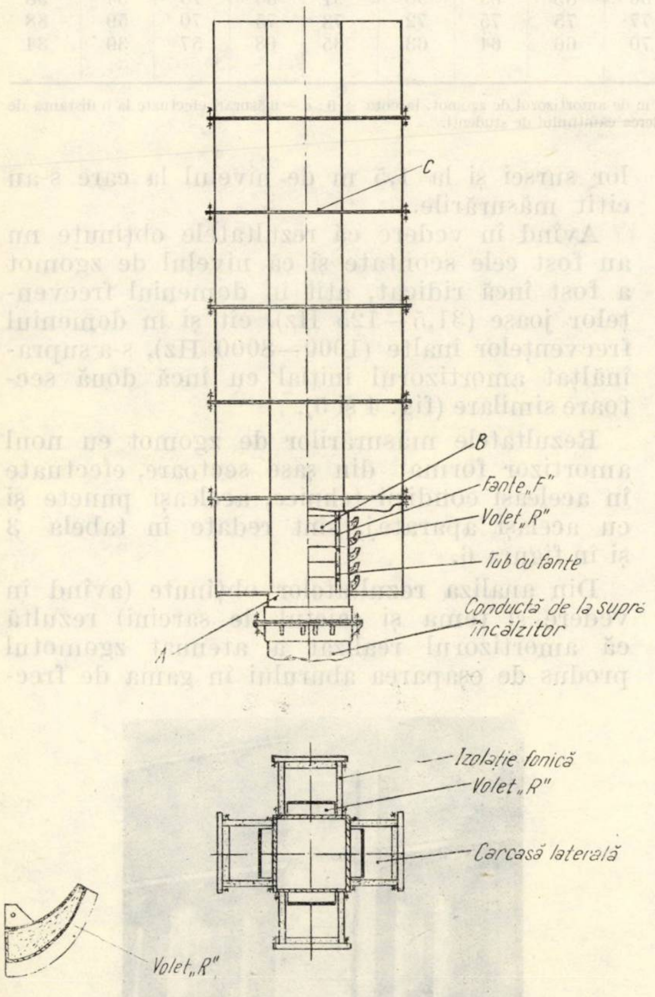


Fig. 3. Schema amortizorului de zgomot cu reţele depresive realizat pentru CET Grozăveşti.

Zgomotul provenit de la sursă este parţial atenuat cu ajutorul tratamentului fonoabsorbant din tubul de atenuare primară, din tubul cu reţele de voleţi depresivi şi de pe ecranul amortizor de şocuri.

Zgomotul neatenuat în aceste canale se propagă prin fantele ventilelor cu voleţi depresivi către exterior.

Întrucît lăţimea fantelor (10 mm) este suficient de mică, la trecerea prin fante are loc fenomenul de difracţie sonoră pentru toate frecvenţele, ceea ce duce la micşorarea amplitudinii undelor sonore şi la o repartiţie aproape uniformă a zgomotului în toate direcţiile. În felul acesta, o mare parte a undelor sonore sînt dirijate către intradosul voleţilor depresivi şi absorbite de tratamentul fonoabsorbant aplicat pe aceştia.

Zgomotul general de scurgere a vaporilor prin fantele cu voleţi depresivi este de mică intensitate şi are un spectru în care predomină frecvenţele înalte. Pentru absorbţia acestui zgomot, s-a folosit acelaşi tratament fonoabsorbant de pe intradosul voleţilor depresivi, a căror grosime a fost astfel aleasă, încît să aibă o eficienţă corespunzătoare.

Tipul de amortizor de zgomot realizat pe aceste principii a fost considerat invenţie şi înregistrat cu nr. 42 718/1967 la Oficiul de Stat pentru Invenţii din R.S. România.

Prin temă s-a fixat ca amortizarea zgomotului să fie astfel realizată încît zgomotul după amortizor să nu depăşească zgomotul de fond al străzii, cu şi fără circulaţia tramvaielor, iar valoarea absolută a amortizării să nu fie sub 30 dB în toată gama frecvenţelor audibile.

În calculul performanţelor acustice ale amortizorului s-a pornit de la caracteristicile spectrului zgomotului produs de aburul eşapat prin conducta de diametru 800 mm, pe care s-a montat amortizorul, luîndu-se în consideraţie un debit maxim eşapat de 200 t/h.

În vederea atenuării zgomotului propagat în interiorul sălii cazanelor, pereţii conductei de diametru 800 mm au fost acoperiţi pe întreaga lor suprafaţă cu un strat de izolaţie fonică, compus din :

- un strat de azbest de 4 mm grosime ;
- un strat de vată minerală de 60 mm grosime ;
- un strat de ciment refractar de 20 mm grosime ;
- un strat de vată minerală de 60 mm grosime ;
- un strat de tablă galvanizată.

În mod similar s-a izolat pe o lungime de 20 m şi conducta de diametru 100 mm, care conduce aburul din supraîncălzitor în conducta de diametru 800 mm.

Amortizorul de zgomot a fost proiectat de către Întreprinderea pentru raţionalizarea şi modernizarea instalaţiilor energetice (IRME), după tema dată de autorii citaţi mai sus, şi realizat de către ICMP-7, sub continua supraveghere a autorilor.

După montarea amortizorului, care a fost realizat în faza iniţială din patru sectoare, s-au efectuat probe cu un debit de abur eşapat de circa 150 t/h, obţinîndu-se rezultatele arătate în tabela 2.

Măsurările au fost efectuate de către Institutul de cercetări pentru protecţia muncii, cu

Tabela 2

Rezultatele măsurărilor de zgomot obținute cu un amortizor format din patru sectoare

		Frecvența, Hz										
		31,5	63,5	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000	16 000	31 500
Nivelul de zgomot în dB, măsurat în locul :	*a*	95	97	99	93	93	97	101	99	91	98	108
	b	85	81	82	80	97	80	86	81	65	47	94
	c	90	88	86	85	89	90	91	80	70	54	98
	d	82	81	77	75	75	72	73	75	70	59	88
	e	76	74	70	66	64	63	65	68	57	30	84

a, b, c – idem ca la tabela 1 ; *d* – măsurări efectuate la distanța de circa 50 m de amortizorul de zgomot, la cota ± 0 ; *e* – măsurări efectuate la o distanță de circa 120 m de sursă, în apropierea căminului de studenți.

un aparat de proveniență daneză (firma Bruel și Kjaer) și compus din :

— capsulă microfon, cu o sensibilitate de 4,22 m V/bar la frecvența de 250 Hz, etalonată în cîmp liber și cu un răspuns liniar în funcție de frecvență ;

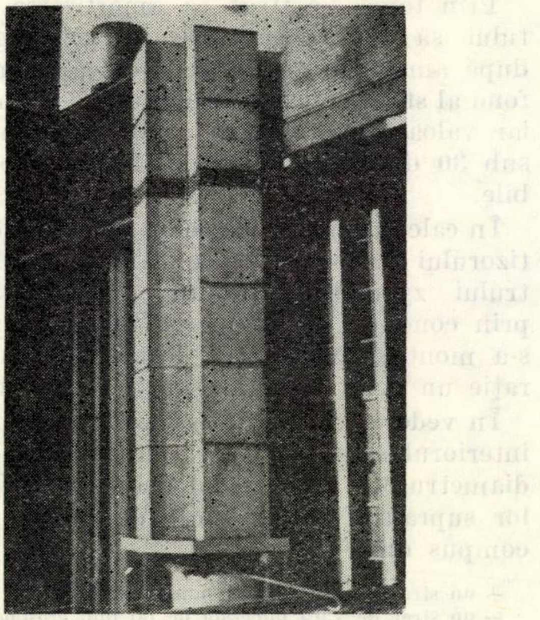


Fig. 4. Amortizorul de zgomot cu rețele depresive montat la CET Grozăvești.

— fonometru portabil de precizie, cu instrument de măsurare gradat în dB ;

— un set de filtre trece-bandă, cu lățimea benzii de trecere de o octavă, prima frecvență de trecere fiind egală cu 31,5 Hz, ultima frecvență de trecere fiind egală cu 31 500 Hz, iar celelalte frecvențe constituind octavele superioare ale primei frecvențe de trecere (64, 125, 250 Hz etc.).

Setul de filtre conținea și cei trei cvadripoli de corecție tip A, B și C normalizați pe plan internațional, care oferă posibilitatea de a măsura direct și nivelul zgomotului în foni.

În cursul măsurării, microfonul aparatului a fost amplasat cu membrana orientată perpendicular pe direcția de propagare a undelor sursei și la 1,5 m de nivelul la care s-au citit măsurările.

Avînd în vedere că rezultatele obținute nu au fost cele scontate și că nivelul de zgomot a fost încă ridicat, atît în domeniul frecvențelor joase (31,5–125 Hz), cît și în domeniul frecvențelor înalte (1000–8000 Hz), s-a supraînălțat amortizorul inițial cu încă două sectoare similare (fig. 4 și 5).

Rezultatele măsurărilor de zgomot cu noul amortizor format din șase sectoare, efectuate în aceleași condiții tehnice, aceleași puncte și cu același aparataj, sînt redate în tabela 3 și în figura 6.

Din analiza rezultatelor obținute (avînd în vedere și tema și caietul de sarcini) rezultă că amortizorul realizat a atenuat zgomotul produs de eșaparea aburului în gama de frecvență cuprinsă între 125 și 16 000 Hz cu mai mult de 30 dB, iar nivelul de zgomot produs și măsurat la o distanță de circa 50 m de sursa de eșapare se înscrie în plaja zgomotului de

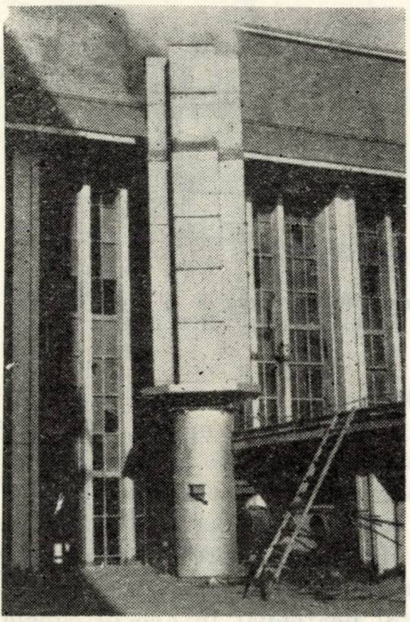


Fig. 5. Ansamblul amortizor de zgomot cu rețele depresive – conductă de eșapări la CET Grozăvești.

Tabela 3

Rezultatele măsurărilor de zgomot obținute cu amortizorul format din șase sectoare

		Frecvența, Hz										
		31,5	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000	16 000	31 500
Nivelul de zgomot în dB, măsurat în locul:	*a*	93	100	90	84	89	92	90	90	88	77	52
	b	82	85	78	73	72	72	73	73	69	50	34
	c	90	89	85	85	88	88	87	87	79	69	46
	d	87	84	84	74	75	77	76	74	70	57	28
	e	79	72	72	69	72	71	70	68	61	43	20

fond produs de ansamblul străzii (în afara zonelor situate între 31,5—63 Hz și 4500—12 000 Hz, în care nivelul de zgomot a depășit nivelul plajei zgomotului de fond cu circa 3—5 dB) și în consecință satisface cerințele impuse.

Față de rezultatele obținute, s-a recomandat continuarea completării gamei de amortizoare după principiul arătat și pentru restul surselor de zgomot stabilite prin planul general de măsuri.

(Articol intrat în redacție la 3 mai 1968)

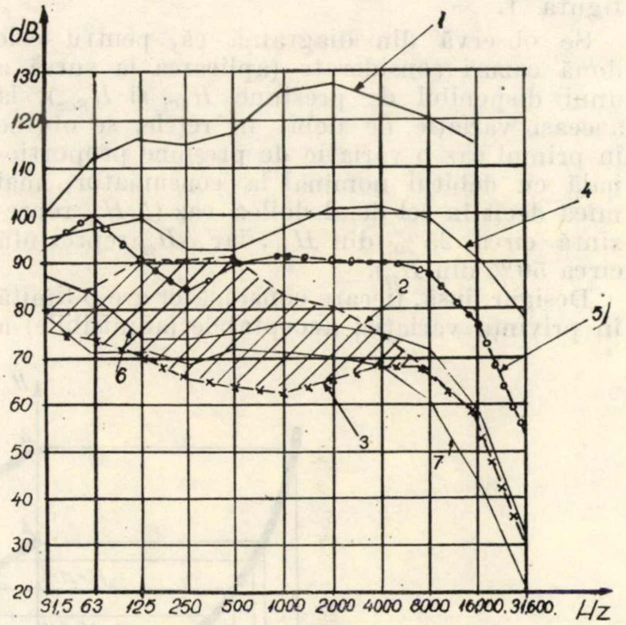


Fig. 6. Diagrama nivelului de zgomot măsurat în diferite puncte și după montarea amortizorului la CET Grozăvești:

1 — curba nivelului de zgomot ridicată în punctul *a* al sursei înainte de montarea amortizorului (circa 16 m de sursă); *2* — curba nivelului de zgomot de fond al străzii ridicată în punctul *d*, în timpul trecerii tramvaiului (circa 50 m de sursă); *3* — idem, fără tramvai; *4* — curba nivelului de zgomot al sursei măsurată în punctul *a*, după montarea amortizorului compus din patru sectoare; *5* — idem, după montarea amortizorului definitiv format din șase sectoare; *6* — idem, măsurat însă în punctul *d* (circa 50 m de sursă); *7* — idem, măsurat de punctul *e* (circa 120 m de sursă). Plaja hașurată reprezintă domeniul în care urma să se înscrie, conform temei, nivelul de zgomot cu amortizorul montat.

Contribuţii la stabilirea unui criteriu de stabilitate hidraulică a reţelelor de termoficare

Ing. M. Crăciun *)

Necesitatea adoptării unui criteriu complex de stabilitate hidraulică a reţelelor de termoficare

Într-un articol anterior, publicat în 1967 [1], s-a stabilit, printre altele, o diagramă privind analiza stabilităţii unui sistem de reţele termice, diagramă reluată în acest articol în figura 1.

Se observă din diagramă că, pentru cele două cazuri considerate (aplicarea la sursă a unui disponibil de presiune H_{SC_1} şi H_{SC_2}), la aceeaşi variaţie de debit în reţele, se obţine în primul caz o variaţie de presiune proporţională cu debitul nominal la consumator, mai mică decît în cel de-al doilea caz (ΔH_{j1} reprezintă circa 25 % din H_{j1}, iar ΔH_{j2} reprezintă circa 50 % din H_{j2}).

Desigur, însă, fiecare consumator are o limită în privinţa variaţiei acceptabile (admisibile) a disponibilului său de presiune, deci şi a cantităţii de apă ce trece prin instalaţiile sale, astfel încît nu poate fi indiferent dacă disponibilul de presiune variază cu 25 sau 50 % din nominal.

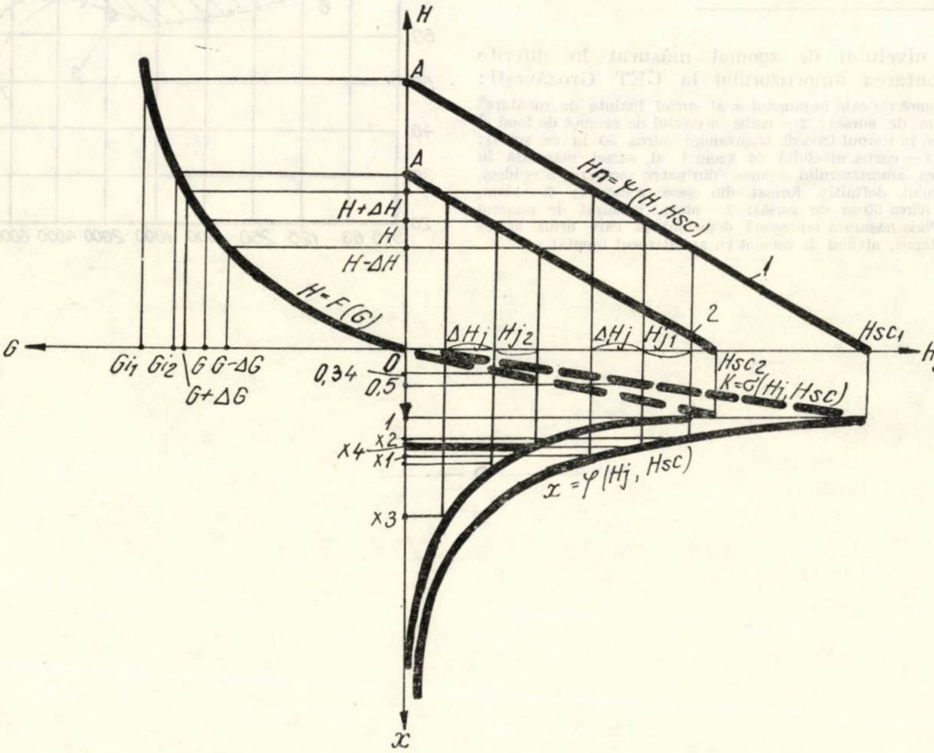


Fig. 1. Diagrama stabilităţii sistemului de termoficare (vezi fig. 7, p. 104 din „Energetica" nr. 3, 1967).

Criteriul de stabilitate hidraulică recomandat în literatura de specialitate, amintit în articolul precedent în relaţia (29) şi prezentat în figura 1 prin curba $k = \sigma\,(H_j,\ H_{SC})$, prezintă două valori extreme: valoarea 1 indică un sistem hidraulic perfect echilibrat, valoarea zero indică o dezechilibrare totală a sistemelor de reţele : $\left(K = \frac{H_j}{H_{SC}}\right)$.

Se poate uşor demonstra că acest criteriu nu reuşeşte însă să exprime fenomenul stabilităţii în toată complexitatea sa. Dimpotrivă, prin forma sa simplă, care nu ţine seamă de toţi factorii ce conlucrează la stabilizarea sistemelor de reţele, poate duce chiar la aprecieri eronate privind gradul de stabilitate al acestora.

Astfel, pentru cele două cazuri teoretice considerate în diagramă, conform acestui criteriu, apare mai stabil primul caz, avînd $k \cong 0{,}5$, decît cel de-al doilea, în care $k \cong$ $\cong 0{,}34$.

Dacă se consideră însă că primul sistem de reţele prezintă o variaţie totală de debit mai mare decît cel de-al doilea, este posibil ca

---

*) M. Crăciun este asistent la Institutul de construcţii Bucureşti.

primul sistem, cu toate că prezintă un criteriu de stabilitate mai bun, să fie totuşi mai instabil decît cel de-al doilea.

În aceste condiţii, deoarece criteriul cunoscut de stabilitate nu reflectă stabilitatea reală a reţelelor, am considerat sistem stabil acel sistem hidraulic care reuşeşte să asigure la consumatori cantitatea de căldură (reflectată în debitul de apă ce se asigură acestuia) necesară, sau în limite acceptabile de variaţie.

Pentru determinarea gradului de stabilitate a unui sistem de reţele se impune însă stabilirea unui criteriu complex, care să înglobeze toţi factorii ce concurează la menţinerea în echilibru a sistemelor hidraulice.

Determinarea unui criteriu complex de stabilitate hidraulică a sistemelor de reţele termice

Conform unei definiţii propuse de autor, prin care stabilitatea hidraulică a unui sistem înseamnă capacitatea acestuia de a asigura la consumator debite de fluid în limite acceptabile de către acesta, se constată că fenomenul stabilităţii este propriu a cel puţin două sisteme hidraulice independente, obligate a funcţiona în contact condiţionat.

Prin sistem hidraulic s-a înţeles un complex de instalaţii ce prezintă legi proprii de conduită atît în privinţa curgerii fluidului, cît şi în privinţa unor variaţii acceptabile de debit. Astfel, ca sisteme hidraulice ce se întîlnesc în mod curent în instalaţii de termoficare, se pot enumera : reţelele primare de apă fierbinte, reţelele secundare de distribuţie a apei calde la consumatori, aparate de transformare a parametrilor agentului termic (ca schimbătoare de căldură, elevatoare, pompe de amestec), instalaţiile la consumator de utilizare a căldurii (corpuri de încălzire, agregate de ventilare, condiţionare, agregate industriale ce consumă apă caldă) etc.

Pentru analizarea stabilităţii sistemelor, s-au considerat întîi două sisteme hidraulice independente, obligate a se condiţiona reciproc în funcţionare (astfel poate fi considerată o reţea primară de apă fierbinte, la care se racordează puncte termice în schemă indirectă, sau o instalaţie interioară de apă caldă, la care s-au racordat corpuri de încălzire).

Se consideră deci un sistem de conducte termice, cu caracteristicile fizice şi geometrice notate în figura 2, sistemul primar de reţele avînd caracteristicile notate cu litere majuscule fără indice, iar sistemul secundar caracteristicile notate cu indicele j, considerîndu-se un număr N de astfel de sisteme secundare.

Se consideră că rezistenţa la curgerea apei în conducte este dată de legea pătratică :

$$h = 0{,}0894 \frac{k_e^{0,25}\, G^2}{g z^2 r d^{5,25}}, \tag{1}$$

în care s-a adoptat pentru coeficientul λ relaţia lui L. B. Sifrinson, indicată pentru valori $\mathrm{Re} \geqslant 568 \frac{d}{k_e}$

$$\lambda = 0{,}11 \left(\frac{k_e}{d}\right)^{0.25}. \tag{2}$$

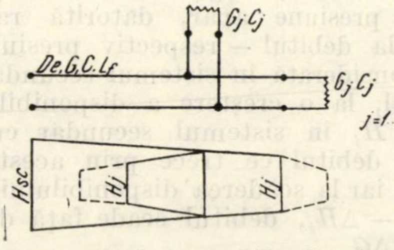


Fig. 2. Schema a două sisteme hidraulice şi graficul piezometric simplificat :

— sistemul primar de distribuţie ; – sistemul secundar (consumatorul) ; H_{SC} – disponibil de presiune la sursa termică ; H_j – disponibil de presiune la consumator ; G, G_j – debitul în sistemul primar, respectiv secundar ; C, C_j – capacitatea de trecere a sistemului primar, respectiv secundar ; L_f – lungimea fictivă a traseului considerat ; D_e – diametrul echivalent al sistemului primar.

Cele două sisteme au legile lor proprii de guvernare a fenomenelor de curgere a fluidului ce au loc în fiecare dintre ele, şi aceasta independent de condiţiile şi cerinţele celuilalt sistem. În acelaşi timp, însă, fiind în interdependenţă, sau chiar în legătură hidraulică, ele se condiţionează reciproc.

Pentru a ajunge la un criteriu privind stabilitatea hidraulică a acestor două sisteme, adică pentru a stabili un criteriu conform căruia să se asigure, la variaţia parametrilor în sistemul hidraulic primar, condiţii acceptabile de funcţionare a sistemului secundar, este necesară şi suficientă punerea unor condiţii de presiune la limita dintre cele două sisteme.

Astfel, este suficient ca cele două sisteme să asigure în orice moment, la limita dintre ele, acelaşi disponibil de presiune, şi anume disponibilul cerut de sistemul secundar, deoarece în acest caz debitul de fluid primit de sistemul hidraulic secundar va fi egal cu debitul său necesar şi egal cu debitul pus la dispoziţie de sistemul primar.

S-au analizat întîi condiţiile de presiune impuse de sistemul secundar. Debitul necesar în sistemul secundar este o funcţie de capacitatea de trecere a acestuia :

$$G_j = C_j \sqrt{H_j}, \tag{3}$$

care s-a obţinut din (1), considerînd

$$H_j = h \cdot L_{fj}. \tag{4}$$

Variaţia acceptabilă de debit în sistemul secundar se poate exprima printr-o fracţiune din debitul nominal :

$$\Delta G_j = n \cdot G_j, \tag{5}$$

în care n este coeficientul de debit acceptabil al sistemului secundar.

În același timp însă, considerînd capacitatea de trecere a sistemului secundar drept constantă,

$$\Delta G_j = \pm \frac{C_j^2 \cdot \Delta H_j}{2 \cdot G_j}, \qquad (6)$$

valorile pozitive și negative ale variațiilor de debit și presiune apar, datorită raportării acestora la debitul – respectiv presiunea nominală considerată în sistemul secundar.

Astfel, la o creștere a disponibilului de presiune H_j în sistemul secundar cu $+\Delta H_j$, crește și debitul ce trece prin acest sistem cu $+\Delta G_j$, iar la scăderea disponibilului de presiune cu $-\Delta H_j$, debitul scade față de nominal cu $-\Delta G_j$.

Disponibilul de presiune cerut deci la intrarea în rețelele din secundar este egal cu :

$$H_j \pm \Delta H_j = \frac{G_j^2}{C_j^2} \pm \frac{2 \cdot G_j \cdot \Delta G_j}{C_j^2} = \frac{G_j^2}{C_j^2}(1 \pm n). \qquad (7)$$

Această valoare, necesară în orice moment în sistemul secundar, va trebui asigurată de către sistemul primar.

Pentru aceasta, s-a considerat sistemul primar de rețele, în care presiunea creată la sursa de căldură H_{SC} este o funcție de capacitatea de trecere a sistemului primar și a celui secundar, cît și de debitul total ce trece prin sistem, conform relației :

$$H_{SC} = \frac{G^2}{C^2}, \qquad (8)$$

dar care se mai poate exprima și conform relației :

$$H_{SC} = H_j \pm 2\,H, \qquad (9)$$

deja analizate în articolul precedent și care exprimă faptul că disponibilul de presiune creat la sursa termică se consumă parțial în transportul pe conducte pînă la consumator (în cazul considerat, pînă la sistemul secundar), parțial asigurînd disponibilul de presiune cerut în sistemul secundar.

Din cele două relații reiese că disponibilul de presiune necesar la intrarea în sistemul secundar se exprimă prin :

$$H_j = \frac{G^2}{C^2} - 2\,L_f \cdot h, \qquad (10)$$

în care :

$$H = h \cdot L_f. \qquad (11)$$

Introducînd în relația (10) expresia (1), se obține :

$$H_j = G^2\left(\frac{I}{C^2} - 2 \cdot 0{,}0894\ \frac{k_e^{0,25}}{g \cdot z^2} \cdot \frac{L_f}{\gamma \cdot D_e^{5,25}}\right), \qquad (12)$$

în care expresia din paranteză are dimensiunile unei rezistențe specifice (rezistența totală a sistemului la debit unitar) pentru fiecare din cele N sisteme secundare considerate a fi racordate la sistemul primar.

Această caracteristică, specifică pentru fiecare sistem secundar considerat, se notează cu :

$$\frac{I}{A^2} = \frac{I}{C^2} - 2 \cdot 0{,}0894\ \frac{k_e^{0,25}}{gz^2} \cdot \frac{L_f}{\gamma \cdot D_e^{5,25}}, \qquad (13)$$

în care A se propune a denumi ,,caracteristica hidraulică complexă a sistemului'', avînd dimensiunile unei capacități de trecere.

Rezultă că :

$$H_j = \frac{G^2}{A^2}, \qquad (14)$$

de unde

$$\pm \Delta H_j = \frac{\pm 2G \cdot \Delta G}{A^2}, \qquad (15)$$

sau, utilizînd notațiile (14) și (15) pentru a obține expresia variației disponibilului de presiune la intrarea în sistemul secundar, din condițiile curgerii fluidului în sistemul primar :

$$H_j \pm \Delta H_j = \frac{G^2}{A^2}(1 \mp 2\,m), \qquad (16)$$

în care m este coeficientul variației de debit în sistemul primar :

$$m = \frac{\Delta G}{G}. \qquad (17)$$

Condiția necesară pentru ca sistemele să fie în echilibru impune ca presiunea creată de către sistemul primar la intrare în sistemul secundar să fie continuu aceeași cu presiunea necesară în sistemul secundar.

Astfel, din egalitatea relațiilor (7) și (16) se obține relația :

$$\frac{G_j^2}{G^2} \cdot \frac{A^2}{C_j^2} \cdot \frac{I \pm 2n}{I \mp 2m} = 1, \qquad (18)$$

expresie criterială, adimensională, egală cu unitatea.

Pentru un număr mai mare de sisteme hidraulice obligate să lucreze în interdependență (de exemplu trei sisteme), criteriul capătă forma din figura 3.

Conform figurii 3, s-au considerat trei sisteme hidraulice denumite sistemul primar, intermediar și secundar.

Pentru ultimele două sisteme hidraulice (intermediar și secundar), se vor considera valabile raționamentele de mai sus, ajungîndu-se la o relație (19) din condiția de egalitate a disponibilului de presiune la limita dintre ele :

$$\frac{G_j^2}{G_i^2}\cdot\frac{A^2}{C_j^2}\cdot\frac{I \pm 2n}{I \mp 2m_i} = 1, \qquad (19)$$

în care A are o expresie analogă cu (13), pentru sistemul intermediar.

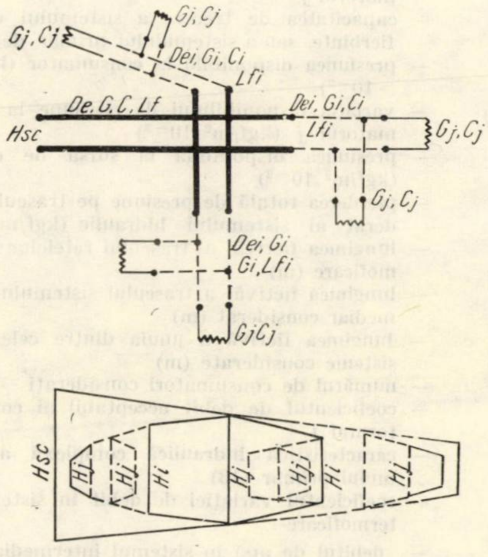


Fig. 3. Schema a trei sisteme hidraulice și graficul piezometric simplificate :
━━━ sistemul primar ; – – – – sistemul intermediar ;
——— sistemul secundar.

Pentru a afla criteriul de stabilitate pentru întregul număr de sisteme considerate, se vor pune condiții de egalitate a disponibilului de presiune la limita dintre ultimele două sisteme (primar și intermediar), considerînd variația de presiune din sistemul intermediar ca o funcție de condițiile din sistemul secundar. Astfel,

$$H_i = H_j + 2\cdot h_i\cdot L_{fi} ; \qquad (20)$$

considerînd relațiile (1) și (3), diferențiind relația (20) și trecînd la variații finite, se obține pentru sistemul intermediar :

$$H_i \pm \Delta H_i = \frac{G_j^2}{C_j^2}(I \pm 2n) + \frac{G_i^2}{A_i^2}(I \pm 2m_i), \qquad (21)$$

în care

$$A_i = \sqrt{\frac{I}{2.0{,}0894\,\dfrac{k_e^{0,25}}{gz^2}\,\dfrac{L_{fi}}{\gamma D_{ei}^{5,25}}}} \qquad (22)$$

este caracteristica hidraulică a sistemului intermediar.

Din sistemul primar se obține o relație analogă cu (16).

Egalizînd relațiile (16) și (21), se obține criteriul complex de stabilitate hidraulică pentru cele trei sisteme considerate :

$$\frac{G_j^2}{G^2}\cdot\frac{A^2}{C_j^2}\cdot\frac{I \pm 2n}{I \mp 2m} + \frac{G_i^2}{G^2}\cdot\frac{A^2}{A_i^2}\cdot\frac{I \pm 2m_i}{I \mp 2m} = 1. \qquad (23)$$

Generalizînd, se poate scrie expresia criteriului complex de stabilitate hidraulică pentru p sisteme aflate în interdependență :

$$\sum_{1}^{p-1}\frac{G_k^2}{G^2}\cdot\frac{A^2}{A_k^2}\cdot\frac{I \pm 2m_k}{I \mp 2m} = 1, \qquad (24)$$

în care k este indicele unuia dintre sistemele considerate și poate lua valori de la 1 la $(p - 1)$.

Concluzii

1. Față de definiția cunoscută, stabilitatea hidraulică a rețelelor trebuie considerată ca o proprietate a sistemelor hidraulice de a menține la consumator debitul de apă în limite acceptabile de către acesta, în condițiile unei anumite variații a debitului total în sisteme.

2. Față de criteriul cunoscut în prezent din literatura de specialitate, criteriul propus de stabilitate hidraulică exprimă fenomenul stabilității în toată complexitatea sa, ținînd seama de toți parametrii ce determină dereglarea sistemelor, impunînd în același timp anumite condiții caracteristicilor fizice și geometrice ale acestora din condiția de asigurare la consumatori în mod continuu a debitelor de fluid în limite acceptabile.

3. În cazul în care produsul criterial (vezi relația 18) prezintă valori mai mari decît unitatea, sistemele hidraulice considerate sînt mai stabile decît este necesar, sau, cu alte cuvinte, disponibilul de presiune asigurat de sistemul primar este mai mare în orice moment decît necesarul dictat de consumator. Invers, dacă produsul este subunitar, disponibilul de presiune (respectiv debitul de apă) asigurat la consumator este sub cel necesar. În ambele cazuri, sistemele sînt instabile, în primul instalația din sistemul primar fiind supradimensionată, asigurînd un grad de stabilitate mai mare decît cel necesar, în cel de-al doilea caz instalația fiind subdimensionată.

4. În cazul relațiilor (23) și (24), respectiv pentru un număr de trei sau mai multe sisteme, concluziile de la punctul 3 sînt perfect valabile, cu singura deosebire că, pentru a avea un număr de sisteme cu o stabilitate simultană, este necesar ca pentru fiecare pereche de sisteme să se asigure o valoare a produsului criterial egală cu o valoare subunitară. Această valoare subunitară poate fi repartizată diferit unuia sau altuia dintre sisteme, astfel încît să se asigure în final stabilitatea hidraulică a

numărului total de sisteme, în cele mai economice condiţii de transport al fluidului.

5. Analizînd relaţia (24), se pot trage unele concluzii, şi anume: pentru un anumit număr de sisteme date, se observă că, cu cît raportul $\frac{G_k}{G}$ se micşorează prin diminuarea numărătorului, cu atît, pentru a se menţine stabilitatea sistemelor, este necesar ca raportul $\frac{A}{A_k}$ să crească. Sau, cu cît la capetele sistemelor considerate se admite un număr mai mare de beneficiari, avînd un debit instalat mai mic, cu atît stabilizarea sistemelor devine mai neeconomică, impunînd creşterea corespunzătoare a caracteristicii hidraulice complexe A, condiţie ce se reflectă în diminuarea rezistenţelor hidraulice, deci ducînd la creşterea diametrelor în sisteme.

6. Dificultatea trecerii la concluzii practice pentru sistemele de termoficare se datoreşte însă ultimului factor criterial, şi anume: $\frac{1 \pm 2m_k}{1 \mp 2m}$, în care, în general, atît m_k cît şi m, denumiţi ,,coeficienţii variaţiei de debit ai sistemelor considerate'', sînt funcţii de variabile aleatorii. Pentru sisteme hidraulice ca: elevatoare, schimbătoare de căldură, corpuri de încălzire, ventilare, agregate industriale diverse etc., se poate totuşi stabili valoarea optimă pentru m_k, obţinîndu-se din însăşi condiţia de funcţionalitate a acestora raportul maxim admisibil: $m_k = \frac{\Delta G_k}{G_k}$.

Pentru reţelele primare sau intermediare, valoarea m sau m_k este o funcţie probabilistică, de altfel şi greu de determinat prin măsurări practice.

Se poate însă admite un grad de variaţie admisibil a debitului în aceste sisteme, adoptînd un anumit grad de asigurare a stabilităţii, pe baza căruia să se calculeze sistemele hidraulice.

Efectuarea unor astfel de calcule de stabilitate a sistemelor de reţele termice se va putea face numai după ce se va stabili un algoritm pentru maşinile de calcul electronice, nu înainte însă de a se stabili o corelaţie între cerinţele acestui criteriu de stabilitate şi calculele tehnico-economice, azi în vigoare, privind stabilirea caracteristicilor geometrice ale sistemelor hidraulico-termice.

Notaţii

În articolul de faţă s-au folosit următoarele notaţii (în ordinea apariţiei în formule):

G — debitul de apă (t/h)
g_2 — acceleraţia gravitaţiei (9,81 m/s^2)
z^2 — coeficient de transformare (3 600 s/h)
k_e — rugozitatea echivalentă (m)
γ — greutatea specifică a apei (kgf/m^3)
d — diametrul conductei (m)
d_e, D_e — diametrul echivalent al reţelelor termice (m)
h, h_i — căderea specifică de presiune în reţelele termice (kgf/m^3)
G_j — debitul de apă al consumatorului j (t/h)
ΔG_j — variaţia de debit acceptabilă a consumatorului (t/h)
C_j — capacitatea de trecere a instalaţiilor la consumatorul j
C — capacitatea de trecere a sistemului de apă fierbinte, sau a sistemulului primar de reţele.
H_j — presiunea disponibilă la consumator (kgf/m$^2 \cdot 10^{-3}$)
ΔH_j — variaţia disponibilului de presiune la consumatorul j (kgf/m$^2 . 10^{-3}$)
H_{SC} — presiunea disponibilă la sursa de căldură (kgf/m$^2 . 10^{-3}$)
H — pierderea totală de presiune pe traseul considerat al sistemului hidraulic (kgf/m$^2 . 10^{-3}$)
L_f — lungimea fictivă a traseului reţelelor de termoficare (m)
L_{fi} — lungimea fictivă a traseului sistemului intermediar considerat (m)
L_{fk} — lungimea fictivă a unuia dintre cele $p - 1$ sisteme considerate (m)
N — numărul de consumatori consideraţi
n — coeficientul de debit acceptabil al consumatorului j
A — caracteristica hidraulică complexă a sistemului primar (13)
m — coeficientul variaţiei de debit în sistemul de termoficare
G_i — debitul de apă în sistemul intermediar (t/h)
A_i — caracteristica hidraulică a sistemului intermediar (22)
m_i — coeficientul variaţiei de debit în sistemul intermediar
H_i — presiunea la intrare în sistemul intermediar (kgf/m$^2 . 10^{-3}$)
ΔH_i — variaţia dispozitivului de presiune la intrarea în sistemul intermediar (kgf/m$^2 . 10^{-3}$)
D_{ei} — diametrul echivalent în sistemul intermediar (m)
p — numărul sistemelor hidraulice considerate a lucra în interdependenţă
G_k — debitul într-unul din cele p sisteme considerate (t/h)
A_k — caracteristica hidraulică a unuia din cele p sisteme considerate (22)
m_k — coeficientul variaţiei de debit într-unul din cele p sisteme considerate.

Bibliografie

[1] Furtunescu, H. şi Crăciun, M. Regimuri hidraulice de tranziţie în reţele de termoficare bitubulare închise, cu agent termic apa fierbinte. Energetica 15 (1967), nr. 3, p. 97–106.

[2] Stăncescu, I. D. Bazele tehnice şi economice ale termoficării. Editura Tehnică, Bucureşti, 1961.

[3] Kopiev, S. F. Alimentarea cu căldură. Editura Tehnică, Bucureşti, 1955.

[4] Sokolov, E. I. Teplofikaţiia i teplovie seti. Gosenergoizdat, Moskva, 1963.

(Articol intrat în redacţie la 26 octombrie 1967)

Optimizarea costurilor în metoda drumului critic

Ing. A. Măcriș *)

Problema generală care se pune la optimizarea programelor de realizare a investițiilor energetice este de a se ține seamă nu numai de criteriul duratei de execuție, ci și de alte criterii, ca : reducerea prețului de cost al lucrărilor, imobilizarea minimă a utilajelor, asigurarea continuității și uniformității folosirii resurselor, realizarea unui termen minim de recuperare a investițiilor ș.a.

În cele ce urmează se vor trata două metode de calcul privind reducerea costului lucrărilor, programate și urmărite cu metoda drumului critic.

1. Optimizarea costurilor

Unul dintre obiectivele importante care se urmărește la realizarea lucrărilor este reducerea prețului de cost.

În general există o legătură între durata de execuție și prețul lucrărilor, așa încît se pune problema de a se determina durata care corespunde prețului minim.

Fie T durata de execuție minimă a unei investiții sau lucrări, în care fiecare din cele n activități sînt realizate cu durate optime D_k și cost minim C_k. În aceste condiții, realizarea investiției se obține cu un cost total minim $\sum\limits_1^n C_k$. Prin durată optimă sau normală se înțelege durata de execuție cu cheltuielile cele mai mici. Mărirea acestei durate conduce la costuri mai mari, datorate cheltuielilor indirecte și exploatării necorespunzătoare a capacității de producție.

Se pune problema calculului costurilor suplimentare minime antrenate de reducerea duratei minime de execuție T.

Se presupune că se cunosc, pentru fiecare activitate, următoarele date :

— durata optimă, D_k ;
— durata minimă, d_k ;
— costul de execuție, C_k, în funcție de durata de execuție $C_k = f\ (\delta_k)$.

Se presupune că această funcție este exprimată prin valori discrete atașate unei serii de durate de execuție calculate, de exemplu în trepte, din lună în lună (D_k — o lună, D_k — două luni, D_k — trei luni , . . . , d_k). Calculul se execută prin mai multe iterații, la fiecare iterație obținîndu-se scurtarea duratei cu o lună, și aceasta la un cost minim. La prima iterație se alege o activitate de pe drumul critic, care poate fi modificată cu o lună, cu un cost suplimentar minim. În felul acesta se avansează cu o lună toate momentele activităților situate în aval de activitatea căreia i s-a modificat durata.

În graful-rețea studiat, micșorînd durata de execuție a unei activități cu o lună, vîrfurile grafului pot fi separate în două submulțimi :

— aceea a vîrfurilor ale căror momente minime sînt devansate ;

— aceea a vîrfurilor ale căror momente minime nu sînt influențate.

Aceste două submulțimi pot fi separate printr-o tăietură Γ_1, care va intersecta activitatea devansată și toate activitățile care posedă o marjă liberă.

Dacă marjele libere asociate tăieturii sînt superioare duratei de o lună, reducerea cu o lună a duratei selecționate nu va modifica drumul critic al grafului.

În caz contrar apar noi activități critice.

La fiecare iterație se obține o mărire a costului programului, însă o mărire minimă.

Metoda generală pentru calculul costurilor suplimentare minime este următoarea :

— se ia în considerare drumul critic obținut în urma unei iterații (de rangul $n - 1$) ;

— se asociază fiecărui arc al drumului critic costul ΔC_k corespunzător micșorării cu o lună a duratei activității respective ;

— se calculează, cu ajutorul algoritmului Ford-Fulkerson, fluxul maxim asociat grafului drumurilor critice ale căror capacități-limită ale arcelor sînt ΔC_k ;

— se precizează tăietura minimă corespunzătoare acestui flux maxim ; această tăietură determină activitățile ce pot fi accelerate ;

— se trasează pe graful de rangul n tăietura Γn, care intersectează activitățile selecționate de pe drumul critic și activitățile cu marje libere ;

— se reconstruiește graful de rangul $n + 1$, avansînd cu o lună toate momentele situate la dreapta tăieturii Γn pe graful de rangul n ;

— se trasează drumul (drumurile critice) ;

— se asociază fiecărui arc al drumului critic costul ΔC_k corespunzător micșorării cu o lună a duratei activității respective ; pentru activitățile de pe drumul critic care au fost scurtate în prima iterație, ΔC_k se referă la micșorarea cu încă o lună (dacă este imposibilă, se trece ∞) ;

— se continuă cu algoritmul Ford-Fulkerson ș.a.m.d.

Operația continuă pînă se ajunge la durata dorită sau pînă cînd se ajunge la imposibilitatea scurtării, toate costurile suplimentare fiind ∞ ($\Delta C_k = \infty$).

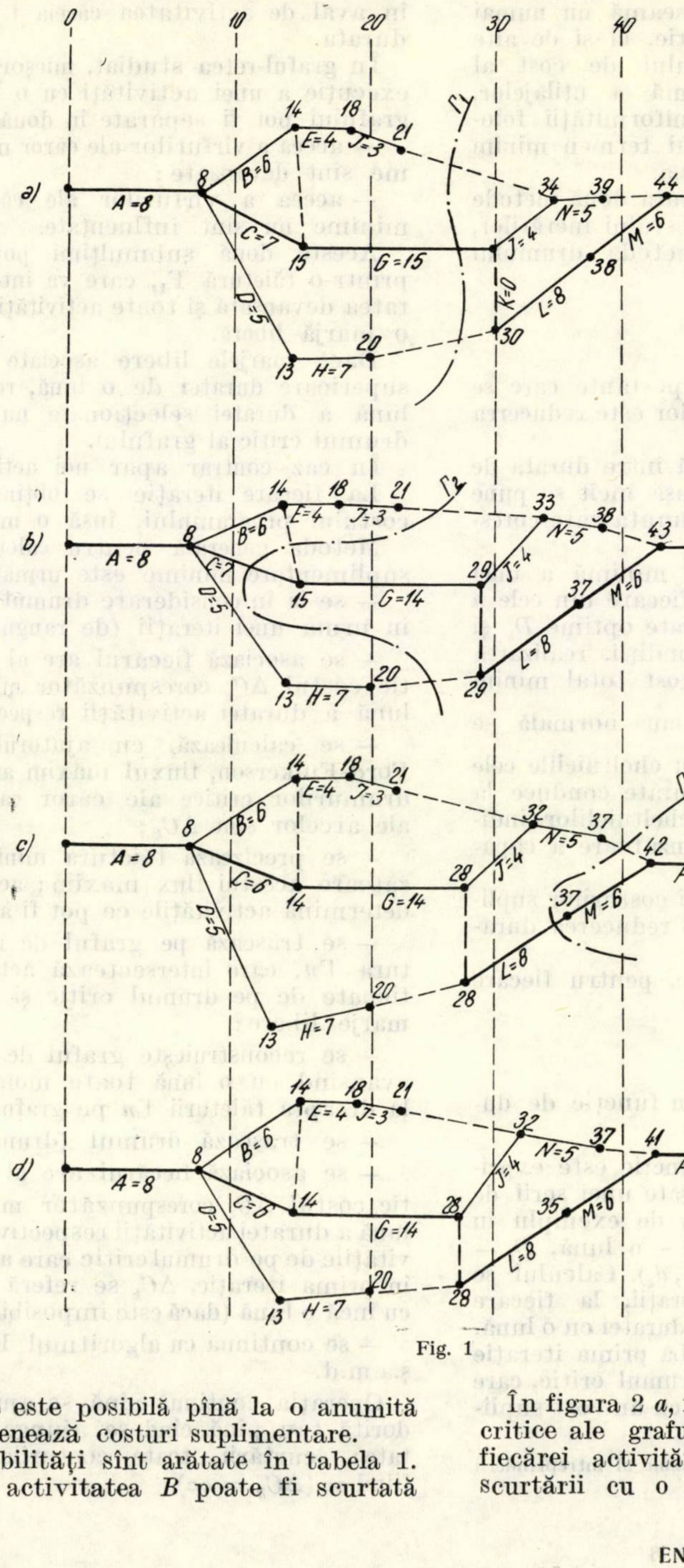
---

*) Ing. A. Măcriș este directorul tehnic al întreprinderii „Energomontaj”.

2. Aplicație privind optimizarea durată-cost

Se consideră graful din figura 1 *a*, reprezentînd un program de lucrări cu durate exprimate în luni.

Aceste durate sînt optime, în sensul că antrenează cele mai mici costuri. Scurtarea acestei durate este posibilă pînă la o anumită limită și antrenează costuri suplimentare.



10
20
30
40
50
60
a)
b)
c)
d)
A=8
B=6
C=7
D=5
E=4
J=3
G=15
G=14
H=7
N=5
M=6
P=12
I=4
L=8
F=0
Γ1
Γ2
Γ3
8
13
14
15
18
20
21
28
29
30
32
33
34
35
37
38
39
41
42
43
44
53
54
55
56

Fig. 1

Aceste posibilități sînt arătate în tabela 1. De exemplu, activitatea *B* poate fi scurtată cu două luni. Costul suplimentar pentru prima lună este de 20 000 lei, pentru a doua lună 30 000 lei.

Durata totală a programului este de 56 luni (fig. 1). Se propune scurtarea acestei durate.

În figura 2 *a*, reprezentînd graful drumurilor critice ale grafului din figura 1 *a*, se asociază fiecărei activități critice ΔC_k corespunzător scurtării cu o lună. Fluxul maxim asociat acestui graf este 5, iar tăietura minimă trece prin activitatea *G*.

Se trasează pe graful din figura 1 *a* tăietura Γ_1, care trece prin activitatea critică *G* şi prin marjele libere ale activităţilor *I* şi *H*. Se trasează graful de rangul 2 (fig. 1 *b*), avînd toate vîrfurile situate la dreapta tăieturii Γ_1, devansate cu o lună. Durata totală a scăzut cu o lună, costul a crescut cu 5 000 lei (creşterea minimă posibilă).

Tabela 1

Activitatea	Durata optimă	Durata minimă	Costul reducerii cu 1 lună, mii lei	Costul reducerii cu 2 luni, mii lei	Costul reducerii cu 3 luni, mii lei	Costul reducerii cu 4 luni, mii lei
A	8	6	15	20	—	—
B	6	4	20	30	—	—
C	7	5	10	15	—	—
D	5	4	30	—	—	—
E	4	3	5	—	—	—
G	15	12	5	20	20	—
H	7	5	15	25	—	—
I	3	3	—	—	—	—
J	4	3	30	—	—	—
L	8	7	10	—	—	—
M	6	4	20	40	—	—
N	5	4	30	—	—	—
P	12	8	10	15	20	25

În figura 2 *b* se reprezintă graful drumurilor critice ale grafului de rangul 2 din figura 1 *b*. Fluxul maxim asociat acestui graf este 10, iar tăietura minimă trece prin activitatea *C*.

Se trasează pe graful din figura 1 *b* tăietura Γ_2, care trece prin activitatea critică *C* şi prin marjele libere ale activităţii *I* şi *H*. Se trasează graful de rangul 3 (figura 1 *c*), avînd toate vîrfurile situate la dreapta tăieturii Γ_2, devansate cu o lună.

Durata totală a mai scăzut cu o lună, costul a mai crescut cu 10 000 lei (creşterea minimă posibilă în iteraţia 2).

În figura 2 *c* se reprezintă graful drumurilor critice ale grafului de rangul 3 din figura 1 *c*. Fluxul maxim asociat acestui graf este 10, iar tăietura minimă trece prin activitatea *L*. Se trasează pe graful din figura 1 *c* tăietura Γ_3, care trece prin activitatea critică *L* şi prin marja liberă a activităţii *N*.

Se trasează graful de rangul 4 (fig. 1 *d*) avînd toate vîrfurile situate la dreapta tăieturii Γ_3, devansate cu o lună.

Durata totală a mai scăzut cu o lună, costul a mai crescut cu 10 000 lei.

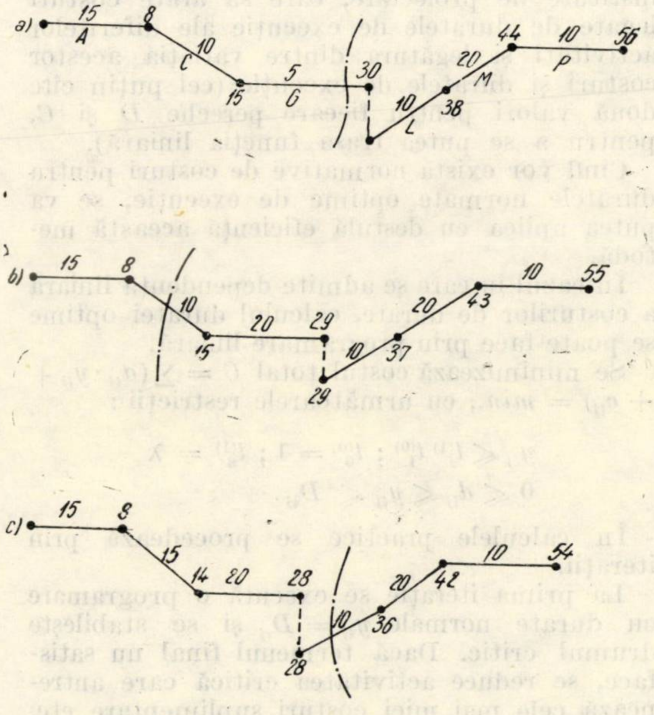


Fig. 2

Operaţia continuă pînă se atinge durata dorită sau se ajunge la imposibilitate. În tabela 2 se dau rezultatele calculelor. La iteraţia 12 se ajunge la durata totală de 44 luni, cu costuri suplimentare de 195 000 lei. Mai departe, calculul nu poate fi continuat, întrucît toate costurile suplimentare ale operaţiilor de pe drumul critic sînt ∞.

Tabela 2

Durata operaţiei	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43
Costuri suplimentare, mii lei	—	5	15	25	35	50	65	70	90	110	130	155	195	∞

3. Altă metodă de calcul pentru optimizarea costurilor

Se presupune că funcţia de cheltuieli între durata normală (optimă) — D_{ij} (cu cheltuielile C_{1ij}) şi durata redusă — d_{ij} (cu cheltuielile C_{2ij}) este liniară :

$$C_{ij} = a_{ij} \cdot y_{ij} + b_{ij}, \text{ în care } d_{ij} \leqslant y_{ij} \leqslant D_{ij}.$$

Această presupunere este însă cu totul aproximativă, şi chiar în această situaţie calculul acestor costuri la grafurile cu multe activităţi sînt laborioase.

De asemenea, există foarte puţine materiale la marile întreprinderi de execuţie sau la institute de proiectare, care să arate costuri legate de duratele de execuţie ale diferitelor activităţi şi legătura dintre variaţia acestor costuri şi duratele de execuţie (cel puţin cîte două valori pentru fiecare pereche D şi C, pentru a se putea trasa funcţia liniară).

Cînd vor exista normative de costuri pentru duratele normate optime de execuţie, se va putea aplica cu destulă eficienţă această metodă.

În cazul în care se admite dependenţa liniară a costurilor de durate, calculul duratei optime se poate face prin programare liniară.

Se minimizează costul total $C = \sum (a_{ij} \cdot y_{ij} + c_{ij}) = min.$, cu următoarele restricţii :

$$y_{ij} \leqslant t_j^{(1)} \, t_i^{(0)} \; ; \; t_0^{(0)} = 1 \; ; \; t_n^{(1)} = \lambda$$

$$0 \leqslant d_{ij} \leqslant y_{ij} \leqslant D_{ij} .$$

În calculele practice se procedează prin iteraţii.

La prima iteraţie se execută o programare cu durate normale $y_{ij} = D_{ij}$ şi se stabileşte drumul critic. Dacă termenul final nu satisface, se reduce activitatea critică care antrenează cele mai mici costuri suplimentare etc.

Concluzii

Din punct de vedere teoretic, problema optimizării costurilor lucrărilor programate şi conduse prin metoda drumului critic este rezolvată, şi în lucrare se expun două metode de calcul. Din punct de vedere practic, aceste metode de calcul necesită însă existenţa unor date statistice care să exprime costul diferitelor operaţii în diferite durate de execuţie, sau funcţia de variaţie a costurilor cu durata de execuţie.

Din punctul de vedere al costurilor, există o durată optimă, avînd un cost minim ; scurtarea acestei durate conduce la costuri suplimentare ; lungirea acestei durate conduce de asemenea la costuri suplimentare. Această durată optimă trebuie stabilită în funcţie de o mecanizare medie şi de o tehnologie aplicată curent în momentul stabilirii acestei durate.

Bibliografie

[1] Schlegel, G., Pilz, S., Selbmann, E. şi Tischoff, G. *Anwendung der Methode des Kritischen Wegs (CPM) für den Plannung des Projectierungsablaufe.* VEB, Konstruktions und Ingenieurbüro Chemie, Leipzig, 1965, 34 p.

[2] Muller, Y. *Initiation a l'organisation et a la recherche operationelle.* Eyrolls, 1964, 300 p.

(Articol intrat în redacţie la 7 martie 1968)

ENERGETICA peste hotare

Aspecte economice actuale ale energeticii mondiale

Ing. P. Cartianu *)

În economia energetică mondială este în curs un fenomen de deosebită importanţă, şi anume o mutaţie de mari proporţii în balanţa resurselor de energie primară : hidrocarburile combustibile, lichide şi gazoase tind să ocupe locul principal, în detrimentul cărbunilor. De asemenea, a început a se dezvolta utilizarea unei noi resurse energetice, energia nucleară, care tinde să ocupe un loc important, mai ales în domeniul producerii energiei electrice.

De pe acum, în unele ţări, produsele petroliere şi gazele combustibile reprezintă cea mai mare parte din consumul total de resurse de energie primară, iar transportul combustibililor clasici ocupă primul loc în transportul maritim de mărfuri.

Condiţiile care au determinat aceste fenomene şi unele aspecte economice legate de ele vor fi dezvoltate în limitele posibile pentru un articol.

1. Dinamica structurii balanţelor de energie primară

În dezvoltarea energetică a ţărilor europene a dominat în trecut ideea de autarhie, adică de satisfacere a cerinţelor de resurse energetice, pe cît posibil, din rezerve proprii, considerentele economice limitîndu-se la o alegere între resursele de provenienţă internă ale fiecărei ţări.

Această concepţie a condus la întîietatea hidroenergeticii în ţările cu potenţial hidraulic mare, ca : Elveţia, Italia, Franţa, Norvegia, Suedia etc., la extinderea exploatărilor de cărbuni în toate ţările, la producerea sintetică a benzinei etc., iar pe plan politic la acaparare de către unele puteri, prin mijloace coloniale, a regiunilor bogate în zăcăminte petrolifere.

După al doilea război mondial, şi îndeosebi în ultimii ani, a intervenit în multe ţări şi o altă concepţie, anume că energetica unei ţări trebuie să se bazeze pe resursele energetice cele mai avantajoase, chiar din import, dacă lipsesc resurse proprii economic exploatabile, alegerea făcîndu-se între agenţi energetici de orice provenienţă, oricît de îndepărtată ar fi sursa şi orcui ar aparţine.

Totuşi, interesul de a poseda pe propriul teritoriu resurse energetice cît mai importante nu a slăbit şi de aceea în toate ţările explorările pentru hidrocarburi combustibile sînt deosebit de active. De asemenea, se consideră că producerea de energie electrică trebuie să se facă în principal pe teritoriul propriu al fiecărei ţări.

În consecinţă, în epoca actuală se manifestă pretutindeni tendinţa fiecărei ţări de a-şi asigura o independenţă energetică din punct de vedere al resurselor, temperată însă de ideea că mijloacele folosite trebuie să fie cele mai avantajoase din punct de vedere economic, dintre cele de care se poate dispune.

Cauzele principale ale atenuării concepţiei strict autarhice sînt următoarele : creşterea în ritm susţinut a necesităţilor de energie primară şi, în particular, a carburanţilor, descoperirea de zăcăminte importante de hidrocarburi combustibile şi imperativul ca producţia industrială, la care participă agenţii energetici (prin căldură şi energie electrică), să fie cît mai competitivă.

Fenomenul mutaţiei în balanţa de energie primară nu se desfăşoară cu aceeaşi viteză în toate ţările, fiind dependent de condiţiile specifice. De aceea se va urmări în principal acolo unde prezintă un caracter intens marcat.

Cele mai importante regiuni ale globului consumatoare de energie, a căror delimitare este datorită şi modului de ţinere a statisticilor internaţionale, sînt : America de Nord, Europa de Vest inclusiv alte ţări europene participante la OCDE *) (prescurtat se va numi mai departe acest ansamblu de ţări Europa OCDE), Japonia, U.R.S.S., China şi Europa de Est.

O indicaţie globală asupra fenomenului de mutaţie în balanţa energiei primare a primelor trei regiuni este dată de diagrama din figura 1, care arată evoluţia între 1950 şi 1980 a proporţiilor de resurse energetice în consumul însumat al acestor regiuni, din care se constată că în 1964 petrolul şi gazele au atins o proporţie de 64 % iar cărbunii 32 % faţă de 1950, cînd aceste proporţii erau de 42,6 %, respectiv 54,7 %.

În *URSS* petrolul şi gazele au participat la consumul de energie primară în 1965 cu 50 %, iar cărbunii cu 45 %, faţă de 1950 cînd proporţia de cărbuni era de 64 %.

În *China*, procesul mutaţiei are alt ritm : în 1960 proporţia de cărbuni era de 92,6 %, faţă de 97 % în 1952.

În *Europa de Est* rezervele şi extracţia de cărbuni sînt mari în raport cu necesităţile actuale şi de aceea fenomenul mutaţiei nu prezintă acuitatea din alte regiuni.

2. Creşterea rezervelor sigure de ţiţei în lume

Evoluţia arătată este legată de o acţiune intensă de dezvoltare a resurselor de hidrocarburi combustibile. Zăcămintele de ţiţei în exploatare sînt repartizate în aproximativ jumătate din numărul ţărilor din lume (vezi figura 2) şi este posibil, datorită activităţilor de prospectare, care se desfăşoară pretutindeni, ca acest număr să mai crească.

Posibilităţile cele mai mari par a le prezenta platourile continentale submarine (cum sînt cele din Marea Nordului, în vecinătatea unora din coastele Australiei etc.), rezervele zăcămintelor aflate la cel mult 300 m sub apă fiind apreciate mai mari decît restul rezervelor mondiale ; chiar actualmente, circa 1/6 din petrolul extras provine din zăcăminte submarine.

O dată cu creşterea bruscă a necesităţilor de produse petroliere care s-a produs în cursul primului război mondial a apărut şi teama că resursele vor fi repede epuizate, după cum arătau evaluările zăcămintelor existente, bazate pe posibilităţile de extragere ale acelei epoci. Ideea epuizării era atît de înrădăcinată, încît chiar savanţi cu mare renume ca Svante Arhenius, se hazardau s-o susţină.

Treptat însă, explorările au descoperit noi regiuni petrolifere, metodele de exploatare au permis extragerea mai completă şi de la adîncimi mai mari, iar prelucrarea a mărit randamentul în produse calitativ superioare. Astfel, numeroase ţări au devenit producătoare de petrol, iar rezervele mondiale au crescut de la 10 miliarde m^3 în 1949 la 40 miliarde m^3 în 1962.

Deşi aparent resursele de petrol exploatate sînt larg răspîndite în lume, disponibilităţile bazate pe potenţialul productiv sînt foarte neuniforme.

Trei ţări (S.U.A., U.R.S.S. şi Venezuela), fiecare cu peste 180 milioane tone anual, participă în total cu circa 55 % la producţia mondială de ţiţei.

---

*) P. Cartianu este inginer proiectant-consilier la ISPE.

*) O.C.D.E. — Organisation de Coopération et de Développement Economique — cuprinde dintre ţările europene : Austria, Belgia, Danemarca, Elveţia, Franţa, Grecia, Irlanda, Islanda, Luxemburg, Marea Britanie, Norvegia, Olanda, Portugalia, R.F. a Germaniei, Suedia şi Turcia.

Opt ţări (cele precedente + Kuweit, Arabia Saudită, Iran, Irak şi Libia), fiecare cu peste 50 milioane tone anual, participă în total cu circa 82% la producţia mondială.

Optsprezece ţări (între care şi R.S. România), fiecare cu peste 10 milioane tone anual, participă cu circa 95% la producţia mondială.

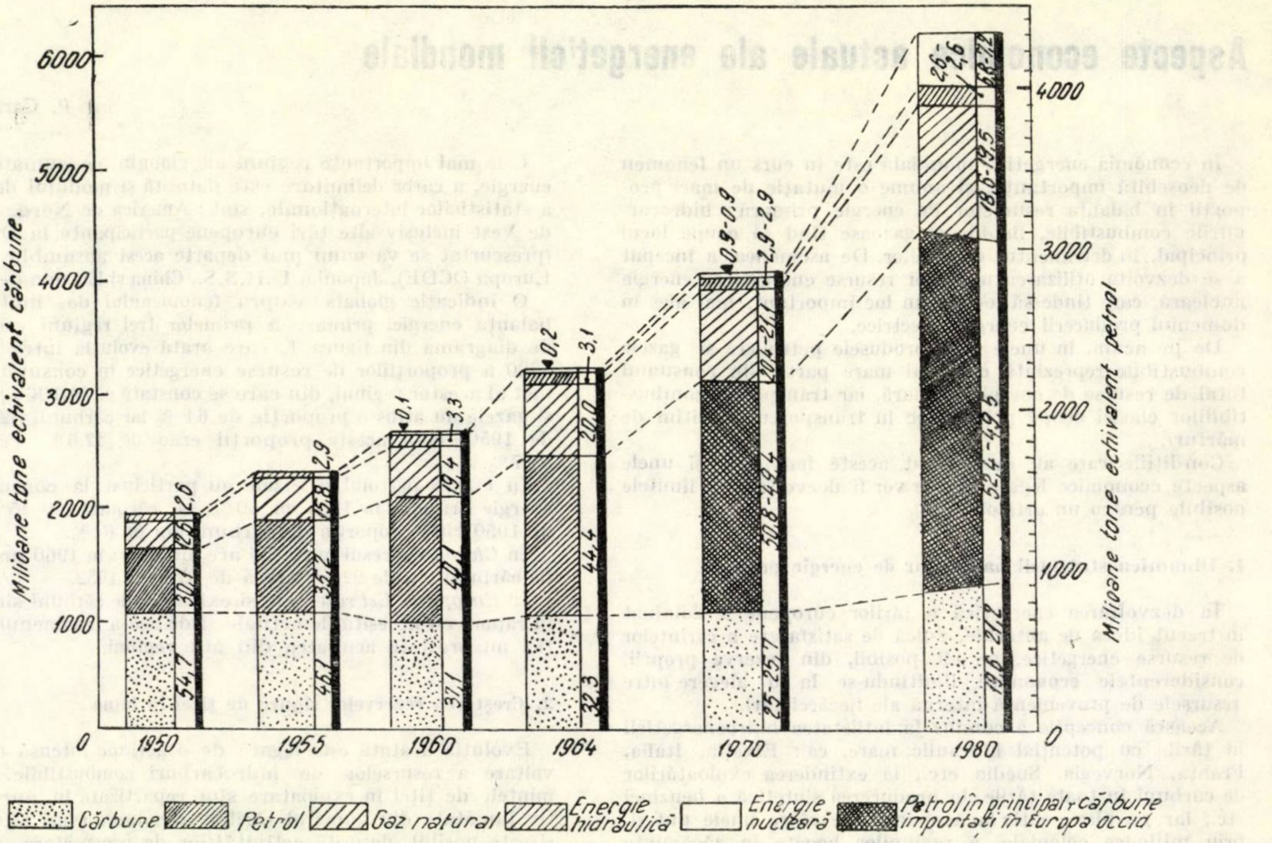


Fig. 1. Evoluţia proporţiilor (în %) de agenţi energetici primari în consumul anual al regiunilor: America de Nord, Japonia şi Europa OCDE (Austria, Belgia, Canada, Danemarca, Elveţia, Franţa, Grecia, Irlanda, Islanda, Luxemburg, Marea Britanie, Norvegia, Olanda, Portugalia, R. F. a Germaniei, Suedia, Turcia). (După raportul OCDE 1966: Politica energetică).

O altă caracteristică importantă a extracţiei ţiţeiului este neconcordanţa între producţie şi consum, în sensul că în general ţările producătoare importante nu sînt în aceeaşi măsură şi ţări consumatoare. Astfel, Orientul apropiat tinde a fi zona cu cele mai mari rezerve de petrol şi totodată cel mai mare producător, dar este un slab consumator, pe cînd Europa Occidentală este în situaţie inversă. Excepţii fac U.R.S.S. şi S.U.A., care sînt atît mari producători, cît şi mari consumatori.

Repartiţia cu totul neuniformă a resurselor de ţiţei cu mari disponibilităţi şi disparitatea între producţie şi consum arătată creează numeroase probleme în economia energetică.

Actualmente, regiunile întrucîtva statornicite de aprovizionare cu ţiţei sînt: U.R.S.S., Orientul apropiat, zona Golfului Persic, Africa Sahariană (Algeria şi Libia) şi Venezuela pentru ţările europene; Venezuela pentru S.U.A.; U.R.S.S., Golful Persic şi Indonezia pentru Japonia.

Proporţiile în care se face aprovizionarea din aceste regiuni variază în funcţie de diferite evenimente; astfel Europa de vest se aproviziona în 1960, în proporţie de 80%, din Ţările Arabe şi Iran, pe cînd în 1966 această proporţie a scăzut la 58%, aprovizionarea fiind în parte asigurată din regiuni la vest de Canalul de Suez, îndeosebi din Algeria şi Libia.

Vasta activitate de descoperire de noi zăcăminte petrolifere a fost stimulată în principal de dezvoltarea tracţiunii rutiere, a aviaţiei, a tracţiunii feroviare prin locomotive Diesel-electrice, a mecanizării agriculturii, a transporturilor navale, a încălzitului urban*).

Pentru exemplificarea dezvoltării şi diversificării consumului de produse petroliere în ţările industriale se va menţiona Franţa, ţară în care în 1966 consumul total a fost de 50 milioane t, reprezentînd un spor de 7,3% faţă de 1965, adică circa 1 t/locuitor. Din această cantitate, principalele produse de rafinare au fost: produsele grele de distilare şi benzinele în proporţii aproximativ egale (1/5), iar produsele

Tabela 1

Preţurile produselor petroliere în $/t în ţările Europei de Vest, provenind din:

	Orientul apropiat	Venezuela	Africa de Nord
Brut	2...2,5	5,5—7,5	9...11
Drepturi de concesiune, cheltuieli de transport	5...6	7	—
Rafinarea	5	5	5
Total	17...17,5	21,7...23,7	15...17

---

*) După folosirea iniţială limitată ca mijloc pentru iluminat, dezvoltarea prodigioasă se datoreşte apariţiei motorului cu explozie, la sfîrşitul secolului trecut.

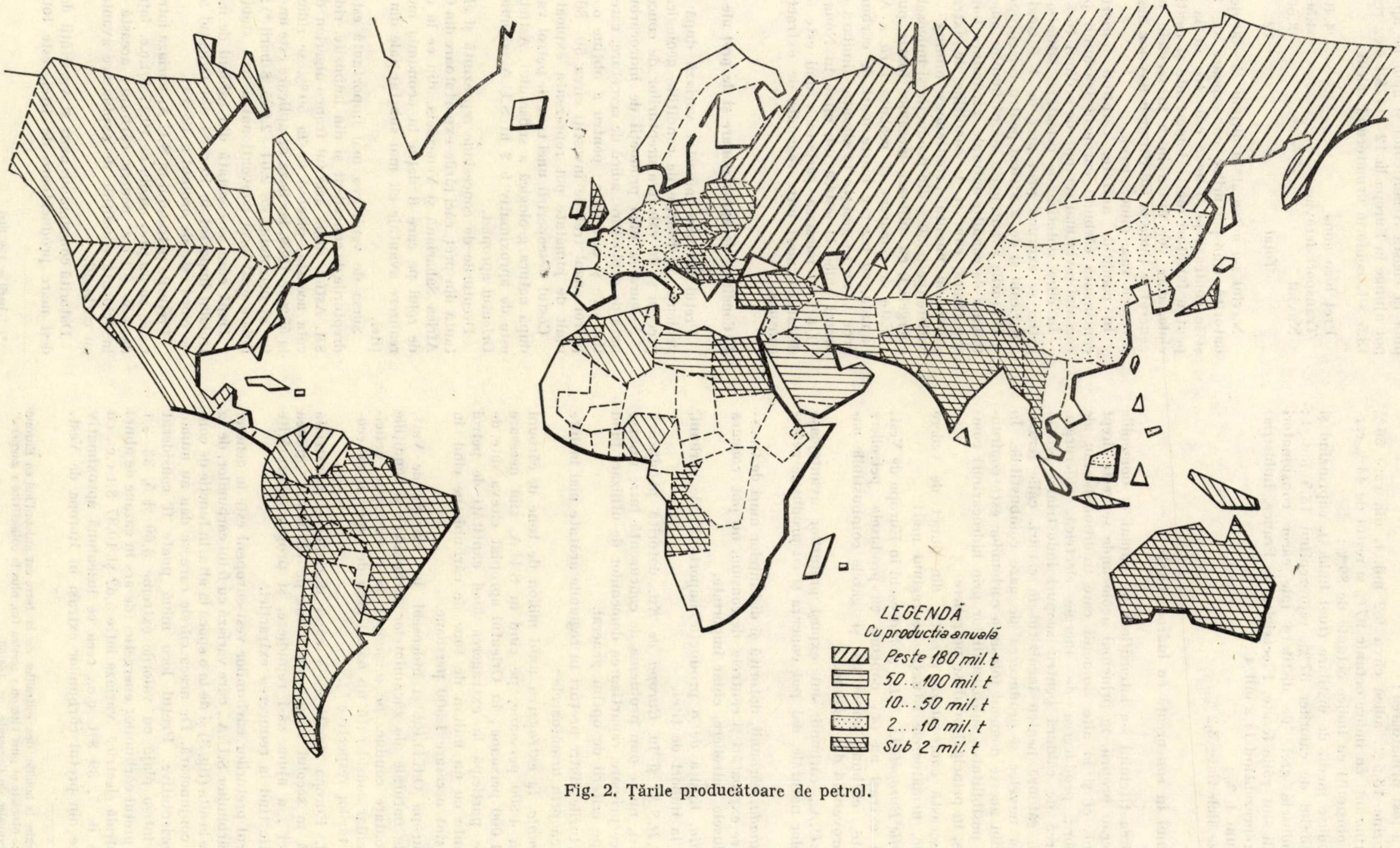

LEGENDĂ
Cu producția anuală
▨ Peste 180 mil. t
▤ 50...100 mil. t
▧ 10...50 mil. t
▒ 2...10 mil. t
▦ Sub 2 mil. t

Fig. 2. Țările producătoare de petrol.

medii în proporţie aproximativ dublă (2/5). Mai detaliat situaţia a fost următoarea :

— benzine 18,5%, adică circa 9,2 mil. t, din care 56% supracarburanţi cu indice octanic 97% şi restul de 44% carburanţi obişnuiţi cu indice octanic de 89%;

— produse medii de distilare (fuel fluides), cuprinzînd şi combustibilul de calorifer 37%, reprezentînd 18,5 mil. t ;

— produsele grele de distilare (ale căror consumatori principali sînt căile ferate, Electricité de France, industria) 22,4%, reprezentînd 11,2 mil. t ;

— bitum 4 % ;

— gaze lichefiate 3,2%.

3. Cărbunii în concurenţă cu hidrocarburile

Folosirea ţiţeiului s-a intensificat nu numai în domeniile care îi erau proprii, în principal acolo unde serveşte drept carburant, ci şi în alte domenii care tradiţional erau ale cărbunilor : producerea de energie electrică, siderurgia, producerea de căldură pentru scopuri industriale, producerea de căldură pentru încălzitul în clădiri, căile ferate, propulsia navelor şi producerea de gaze combustibile. În fiecare din aceste domenii folosirea cărbunilor este confruntată cu posibilitatea substituirii lor prin hidrocarburi combustibile, în principal produse petroliere.

Din această confruntare rezultă, din punct de vedere economic, următoarele situaţii pe regiuni mari :

În *ţările Europei O.C.D.E.*, şi îndeosebi în Europa de Vest, cărbunii extraşi nu pot concura cu produsele petroliere importate, cărbunii importaţi şi gazele combustibile naturale provenind din regiune.

În *S.U.A.*, cărbunii sînt expuşi preţurilor avantajoase ale gazelor naturale, dar pot concura şi cu produsele petroliere.

În *Canada*, cărbunii, datorită şi distanţelor mari de transport între exploatări şi centrele de consum, nu pot concura cu produsele petroliere, chiar importate.

Japonia, lipsită de o producţie importantă de cărbuni, recurge la import de ţiţei.

În *U.R.S.S.* şi în *Europa de Est*, datorită planificării economiei, nu se pun probleme de concurenţă între resurse energetice primare, repartizarea domeniilor de utilizare fiind bazată pe criterii de optim general.

Raporturile dintre preţuri în regiunile arătate mai înainte se explică prin următoarele :

În *Franţa*, la extragerea unui milion de tone de cărbuni participă 4 800 persoane, pe cînd în S.U.A. sînt necesare numai 1 000 persoane ; în Orientul apropiat cîteva sute de persoane participă la extragerea unei cantităţi de petrol echivalente cu un milion de tone de cărbuni, pe cînd în S.U.A. sînt necesare 1 500 persoane.

În Europa O.C.D.E., şi îndeosebi în Europa de Vest, condiţiile naturale ale zăcămintelor carbonifere şi condiţiile de exploatare conduc, *pe ansamblu*, la o extracţie deficitară şi chiar considerată un balast greu de suportat de economiile ţărilor respective *).

Astfel, Europa de Vest, a cărei dezvoltare industrială începută în secolul trecut s-a bazat pe cărbuni, „pîinea industriei", a ajuns să-i repudieze, şi programe urmărite sistematic tind la reducerea extracţiei.

Reperul preţurilor cărbunilor vest-europeni este în general preţul cărbunilor S.U.A., care variază cu felul cărbunilor, de la o regiune la alta (fig. 3) şi de la o epocă la alta, în funcţie de condiţii de conjunctură. De aceea cifrele care se dau au numai valori orientative. Preţul loco mină poate fi considerat cuprins într-o plajă cu valorile extreme 3,60 şi 5, 33 $/t c.c., iar preţul cărbunilor energetici (de ars în cazane de abur) loco centrală electrică variază între 5,62 şi 10,37 $/t c.c., cu o medie de 7, 39 $/t c.c., ceea ce înseamnă aproximativ jumătate din preţul cărbunilor extraşi în Europa de Vest.

Mai mult, aceşti cărbuni transportaţi de la mină pe uscat pînă la coasta Atlanticului şi apoi pe apă pînă în Europa pot ajunge în Europa la 12—14 $/t c.c., respectiv de ordinul 13,5 $/t, conform următorului calcul :

Preţ loco mină	4,40...4,66 $/t
Transport feroviar	4,50 $/t
Navlul	3,50...5 $/t
Total	12...14,16 $/t

Navlul s-a micşorat în ultimii 25—30 de ani la jumătate, datorită transporturilor cu vapoare de 30 000—45 000 t, şi se contează pe o nouă reducere de la 3,5 $/t la 2,2 $/t pentru furnituri foarte importante şi continue cu vase speciale, care vor putea intra în serviciu în 1970—1975 (în general se tinde la substituirea navelor nespecializate, trampere, cu vase mineraliere).

În condiţiile arătate, cărbunii importaţi din S.U.A. concurează cărbunii europeni (cărbunii pentru producerea cocsului revin mai scumpi, de ordinul 16 $/t c.c.).

În cifre sintetice de orientare, situaţia cărbunilor energetici se exprimă prin preţ de 1 $/Gcal pentru cărbunii americani şi de 2 $/Gcal pentru cei europeni.

Preţurile avantajoase ale cărbunilor americani sînt determinate de condiţii naturale, zăcăminte bogate şi de calitate superioară, cum şi de condiţiile de extracţie, exploatarea subterană numită „continuous mining" şi exploatare în cariere (peste 30% din producţie şi îndeosebi pentru cărbunii energetici) cu mijloace mecanice foarte puternice.

Este de remarcat că cealaltă ţară a Americii de Nord, Canada, cu rezerve foarte mari de cărbuni, circa 90 miliarde t, nu se găseşte în situaţie similară cu S.U.A. Astfel, preţul huilei la ieşirea din mină în Noua Scoţie depăşeşte 10 $/t şi folosirea cărbunilor mai este dezavantajată de distanţele mari între regiunile de extracţie şi centrele de consum.

4. Condiţiile de aprovizionare şi de preţ ale ţiţeiului

Preţul ţiţeiului importat variază după regiunea de provenienţă, în funcţie de condiţiile geologice şi de extracţie, precum şi de valoarea drepturilor de concesiune (tabela 1).

Asigurarea unei producţii de hidrocarburi este condiţionată de exploatare, adică de cercetare, care este foarte costisitoare şi aleatoare : pentru a obţine o producţie de 1 t petrol anual trebuie investiţi circa 50—80 $, din care mai mult de jumătate pot reprezenta exploatarea.

Costul descoperirii unei tone de petrol variază foarte mult după natura geologică a subsolului. Astfel, de exemplu, ea este de aproximativ 5 $ în S.U.A. şi numai de 0,25 $ în Orientul apropiat.

Drepturile de concesiune reprezintă şi ele o parte importantă din preţ, căci ţările exportatoare din Orientul apropiat, Africa Sahariană şi Venezuela, din ce în ce mai conştiente de rolul pe care îl deţin în economia mondială, caută să realizeze avantaje cît mai substanţiale din producţia lor de ţiţei.

Sursa de venit cea mai importantă este constituită din drepturile de concedent şi din impozite, ridicîndu-se la 5—7 $/t. Astfel, după acordul franco-algerian din 29 iulie 1965, cota aceasta, plecînd de la 50%, se ridică progresiv pînă la 55% în 1969, iar baza de aplicare este un preţ convenţional fix al petrolului de 2,04—2,095 $/baril *) ; pentru petrolul libian acest preţ convenţional a fost stabilit la 2,2 $/baril.

După cum se constată din tabloul de mai jos, preţul petrolului importat în Europa din Orientul apropiat şi Africa de Nord este de ordinul a 12 $/t.

Preţurile petrolului în S.U.A. variază între 7,34 şi 18,54 $/t.c.c., cu un preţ mediu de 10,17 $/t.c.c. faţă de preţul mediu de 7,39 $/t c.c. pentru cărbuni ; această disparitate pune în evidenţă condiţiile de exploatare avantajoase pe care le au cărbunii.

Datorită consumului mare şi varietăţii de produse, S.U.A., deşi mare producătoare de ţiţei, este totuşi importatoare îndeosebi din Venezuela. Prețul țițeiului, astfel importat, revine la coasta de est a S.U.A. la 1,55 $/baril, pe cînd în Europa același țiței ajunge la prețul de 1,7 $/baril. Este de observat că țițeiul procurat din Orientul apropiat ajunge în S.U.A. la 1,68 $/baril, adică practic la același preț cu al țițeiului procurat din Venezuela.

---

*) „Extraire la houille des entrailles de la terre est aujourd'hui en Europe une activité obsolète et plus vite on y mettra fin, plus la collectivité y gagnera" (Revue Française de l'Energie, nr. 184/66).

*) 1 baril = 159 litri

5. Participarea hidrocarburilor combustibile gazoase

Activitatea de extragere și prelucrare a țițeiului este însoțită de o producție importantă de hidrocarburi combustibile; deosebit de aceste gaze asociate cu țițeiul, există și zăcăminte de gaze combustibile independente. În afara gazelor naturale, în foarte multe țări se produc pe cale industrială, uneori ca subproduse, gaze fabricate din cărbuni și din petrol.

Economia vest-europeană a gazului se bazează pe zăcămintele de gaze naturale din Franța, Valea Padului și Olanda, pe importurile de gaze naturale lichefiate și pe gaze produse artificial din cărbuni și produse petroliere.

Economia gazului cea mai dezvoltată este aceea a Franței, care folosește în principal resursele de gaz natural de la Lacq (6 miliarde m^3 în 1967) și importul (începînd din 1967) din Olanda, zăcămîntul Slochteren din provincia Groningue, pe baza unui contract prevăzînd o livrare de 5 miliarde m^3/an pe durată de 20 de ani pentru alimentarea (printr-o conductă cu diametrul de 750 mm, în lungime de 190 km pînă la granița franco-belgiană) regiunii de est și a regiunii pariziene, aprovizionată actualmente atît cu gaz natural de la Lacq, cît și prin import din Algeria (în creștere treptată de la 0,5 miliarde m^3/an în prezent, la 5 miliarde m^3/an în 1973).

Aducerea pe mare a gazelor naturale se efectuează sub formă lichefiată, ceea ce implică cheltuieli importante de prelucrare, transport și stocare, la care se adaugă necesitatea soluționării folosirii frigului rezultat prin vaporizarea lichidului menținut în timpul transportului la circa minus 160 °C.

Costul gazului african adus în porturile coastei mediteraneene este de circa 14 $/t c.c., preț care se compune din următoarele elemente: costul extracției, 4 $/t c.c., transportul pe uscat și maritim, 7 $/t c.c., stocaj și distribuție, 3 $/t c.c. Dacă s-ar realiza transportul mai departe, pînă în regiunea Ruhr, prețul ar ajunge la 21 $/t c.c.

S.U.A. are o economie a gazului foarte dezvoltată, iar prețul variază după regiuni între 5,44 și 10,40 $/t c.c., cu o medie de 7,19 $/t c.c., adică practic la nivelul prețurilor cărbunelui.

6. Mijloacele de transport ale produselor petroliere

Regiunile producătoare de țiței fiind în general îndepărtate de regiunile de consum, costul transportului este o componentă importantă a prețului de vînzare.

Dezvoltarea consumului de produse petroliere a dus la o considerabilă creștere a celor două mijloace de transport:

— flota petrolieră, care în 1964 a ajuns la o capacitate totală mondială de 83 milioane tone, repartizată în 34 000 unități;

— conductele de transport, care în unele țări au o mare extindere.

Independența energetică urmărită de toate statele este uneori funcție de mijloacele de transport.

Aprovizionarea Europei cu produse petroliere din Orientul apropiat se face, în parte, prin conducte, care ajung la porturile mediteraneene, după ce au străbătut și teritoriul altor țări decît al celor producătoare. Astfel, o parte din țițeiul produs în Irak (Kirkuk și Mosul) este îndreptat spre porturile mediteraneene, străbătînd Siria; de asemenea, și o parte din țițeiul produs în Arabia Saudită este îndreptat spre porturile mediteraneene prin conducte. Țările tranzitare percep drepturi de tranzit și exercită de fapt un control asupra debitării produselor.

Cu toată extinderea rețelelor de conducte, transportul pe mare rămîne încă foarte avantajos. Astfel, costul transportului produselor petroliere prin conducta transarabiană este egal cu al transportului prin Canalul de Suez, pe un traseu de 3,5 ori mai lung decît cel terestru. Importanța acestei căi pentru aprovizionarea Europei o arată faptul că din cantitatea de 166,7 mil. tone de țiței și produse rafinate, tranzitate prin Canalul de Suez în 1966, 95 % au fost destinate Europei. Transportul maritim devine din ce în ce mai avantajos prin construirea de petroliere de capacitate din ce în ce mai mare; de la unități de 25 000 t la sfîrșitul războiului, s-a trecut treptat la capacități din ce în ce mai mari, pînă la 350 000 t, cel mai mare petrolier în construcție actualmente. Folosirea unor asemenea nave impune amenajări portuare (astfel, de exemplu, dintre porturile franceze numai Le Hâvre poate primi petroliere pînă la 200 000 t).

Se întrevede și posibilitatea de a se construi submarine-cisterne cu capacități de 65 000 t capabile să urmeze și rute sub carapacea de gheață a Arcticei.

Pentru transportul terestru, conductele rămîn cele mai economice și se prevăd perfecționări variate în ceea ce privește materialul de construcție (aluminiu și mase plastice), modul de izolare, modul de executare (prin tronsoane de lungimi mari, confecționate direct pe șantier), realizarea de transporturi comune de țiței, gaze și produse finite și modul de exploatare, pe bază de programe conduse de calculatoare electronice. Rețele întinse ar putea asigura aducerea combustibilului direct la consumatorii principali; de asemenea se întrevăd posibilități de a folosi conducte și pentru traversarea mărilor.

În Europa occidentală este, în special, de semnalat sistemul sud-european, plecînd din portul mediteraneean Fos-Laverá, care asigură de aproape 5 ani aprovizionarea mai multor țări, printre care Franța, R.F. a Germaniei și Elveția, cu o medie anuală de circa 20 milioane tone țiței *).

Rețele de conducte sînt deosebit de dezvoltate în S.U.A. și U.R.S.S. Între realizările importante trebuie menționată Conducta Prieteniei pentru aprovizionarea unor țări din estul Europei cu țiței din U.R.S.S.

7. Mijloacele de transport ale hidrocarburilor gazoase combustibile

O dată cu dezvoltarea exploatării zăcămintelor gazeifere, au luat dezvoltare și rețelele de transport al gazelor, pe primul plan fiind S.U.A. și U.R.S.S.

În U.R.S.S. este în construcție magistrala cu diametrul cel mai mare folosit pînă în prezent, de 1 220 mm, pentru aducerea unui debit de 15 miliarde m^3/an din regiunea Tiumen spre centrele cu consum din partea occidentală a Uniunii. O altă conductă de 3 180 km, cea mai lungă din lume, va aduce gazele din Turcmenia spre regiunea industrială a Moscovei.

O conductă de circa 540 km lungime va asigura aprovizionarea unor uzine chimice ale Cehoslovaciei cu gaze naturale din regiunea Bitkov și cu gaze de rafinărie de la Dolina și Nadvornaia.

Gazele naturale sînt transportate peste mare sub formă lichidă în vase speciale, metaniere, de care dispun actualmente Marea Britanie și Franța.

Instalații speciale asigură încărcarea în porturile de plecare și descărcarea, precum și stocarea, în porturile de destinație.

8. Energia nucleară

În acest articol nu s-a tratat energia de origină nucleară, deoarece, după toate previziunile, pînă în 1980 va avea o participare limitată în balanța resurselor energetice primare și deci nu este încă un factor în procesul de mutație care a fost analizat. Este de menționat totuși, că, după un ritm relativ lent de instalare de centrale nucleare electrice, apare în prezent un salt deosebit de marcat în S.U.A., unde mult timp s-a dat o atenție redusă energiei nucleare. Față de numai două centrale importante în exploatare în 1966 (Dresden, 200 MW, și Yankee, 175 MW), la finele anului erau în construcție centrale cu o putere de 7 000 MW, iar altele, pentru o putere de 24 000 MW, erau în curs de a fi comandate.

---

*) Tratarea importantelor cantități de țiței a impus o dezvoltare importantă a rafinăriilor, acestea construindu-se pentru capacități din ce în ce mai mari; în Europa occidentală rafinării cu o capacitate de peste 15 milioane tone sînt: Pernis (Olanda), Fowley (Marea Britanie) și Gonfreville (Franța).

9. Balanţele energetice în perspectivă

Condiţiile economice ale resurselor de energie primară prezentate în cele precedente explică perspectiva evoluţiei folosirii lor în perioada 1970—1980.

Europa OCDE şi *Japonia*. Locul principal în balanţa energiei primare va reveni cărbunilor indigeni şi ţiţeiului importat, cu tendinţă ca acesta să aibă o poziţie predominantă.

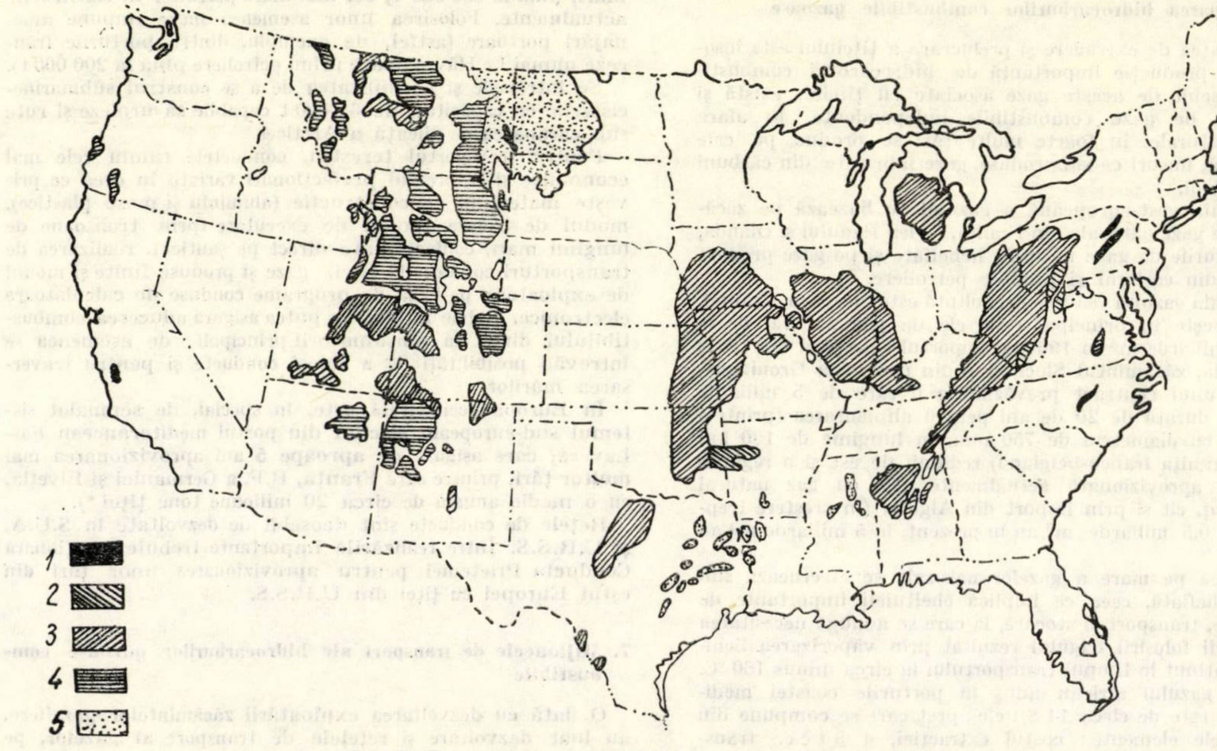


Fig. 3. Repartizarea zăcămintelor carbonifere în S.U.A. :

1 — antracit şi semiantracit ; 2 — cărbune bituminos greu volatil ; 3 — cărbune bituminos mediu şi uşor volatil ; 4 — cărbune subbituminos ; 5 — lignit.

În *America de Nord* şi îndeosebi în S.U.A., cărbunii, petrolul şi gazele naturale îşi vor împărţi piaţa cu tendinţa ca ultimii doi agenţi să fie predominanţi.

Energia hidraulică ocupă în balanţa totală un loc minim, iar energia nucleară nu va conta apreciabil decît după 1980.

În Europa occidentală, regresul procentual şi în cifre absolute al participării cărbunilor în balanţa energiei primare se desfăşoară de mai mulţi ani, ridicînd probleme serioase, economice şi sociale.

În cadrul Comunităţii Economice Europene (CEE) este prevăzut ca producţia anuală să scadă treptat de la 218 mil. t în 1965 la 190 mil. t în 1970, adică o reducere de 30 mil. t în 5 ani. (În 1966, producţia a fost 204,3 mil. tone, o reducere de 6,3% faţă de 1965). Reducerea producţiei sub 190 mil. t pune probleme sociale de mare amploare. Programul de reducere este însoţit de o serie de măsuri de stat care tind să echilibreze producţia cu cererile şi să compenseze pierderile întreprinderilor de exploatare a cărbunelui.

În *Belgia* se subvenţionează în totalitate pierderile comerciale, exclusiv amortizările şi sarcinile de capital, în cazul cînd pierderea este de cel puţin 100 fr. belg/t. Se subvenţionează cu 55 fr. belg/t în cazul cînd pierderile nu depăşesc 100 fr. belg/t.

În *Franţa* sînt subvenţionate anumite întreprinderi.

În *R. F. a Germaniei* se acordă o subvenţie de maximum 12,40 DM/t pentru acoperirea lipsei de cîştig, datorită restrîngerii producţiei. O lege specială încurajează consumul de cărbuni la centralele termoelectrice noi, prin acordarea de avantaje fiscale.

În *Marea Britanie* se prevede pînă în 1970 o reducere a producţiei de cărbune cu circa 15 %, prin închiderea a 160 exploatări deficitare, din totalul de circa 500 exploatări existente şi faţă de circa 1 000 exploatări existente acum 20 de ani. Ca urmare, va rezulta o reducere progresivă a locurilor de muncă pentru circa 150 000 mineri din totalul existent de circa 450 000 mineri (faţă de circa 700 000 mineri acum 20 de ani), ceea ce pune probleme dificile de recalificare. Acest plan de reducere este însoţit şi de următoarele măsuri : preluarea de către stat a unei importante cote, 415 mil. lire, din datoriile organismului National Coal Board, şi acordarea de credite noi în valoare de 750 mil. lire.

Se va intensifica introducerea automatizării şi a metodelor de control la distanţă, prin care se contează că se va realiza o creştere a producţiei specifice la 8 t/post, adică aproximativ dublu faţă de situaţia prezentă. Se va limita viteza cu care se reduce consumul de cărbuni, prin menţinerea asupra produselor petroliere a unei taxe fiscale de 2 £/t, o dată cu interzicerea importului de cărbuni. Se vor acorda subvenţii pentru accelerarea închiderii exploatărilor carbonifere nerentabile.

10. Măsuri pentru asigurarea independenţei energetice

După cum s-a menţionat la început, în cele mai multe ţări se urmăreşte asigurarea independenţei energetice. În condiţiile aproape generale de procurare a combustibililor din import, ideea de independenţă cuprinde nuanţe variate şi deosebite de cazul ţărilor, foarte puţine, care îşi pot satisface cerinţele din resursele proprii. Se vor menţiona mai jos mijloacele folosite.

Prin naţionalizarea industriilor petrolifere (înfăptuită de la început în ţările socialiste), unele ţări capitaliste urmăresc conducerea directă a politicii economice a combustibililor (astfel a procedat Mexicul încă din 1938, dar pe total sectorul naţionalizat în lumea capitalistă reprezintă un procent redus din producţia de ţiţei). Cel mai frecvent, întreprinderile petroliere din ţările capitaliste participă la explorarea, exploatarea, transportul şi prelucrarea ţiţeiului din zăcăminte aflate în ţări cărora le lipsesc mijloacele băneşti şi tehnice pentru aceste activităţi. Pe calea concesiunilor, ţările respective dispun de controlul folosirii ţiţeiului. Astfel, întreprinderile americane Shell şi Esso dispun de concesiuni reprezentînd rezerve de 4, respectiv 5—6 miliarde t, iar întreprinderea franceză C.F.P. de rezerve de 2,1 miliarde t.

Această posibilitate de control a activităţii petroliere are însă limitări, după cum s-a dovedit în multe cazuri, ţările concedente avînd posibilitatea de a opri exploatările sau transportul. Din această cauză, ţările mari importatoare de petrol urmăresc să-şi asigure surse aflate în diferite ţări spre a nu depinde de un singur furnizor; de asemenea se urmăresc posibilităţile de transport pe diferite căi.

Desigur însă că existenţa de resurse petrolifere pe teritoriul propriu al unei ţări îi dă cele mai mari posibilităţi de independenţă energetică. De aceea, pretutindeni explorările sînt făcute active. Astfel, în cadrul Comunităţii Economice Europene, cel mai mare consumator al Europei O.C.D.E. şi totodată una din regiunile sărace în resurse energetice economic exploatabile, printr-un program foarte intens de explorări (900 000 m foraţi în 1965), rezervele de ţiţei dovedite au atins în 1965 210 mil. t, cu o producţie anuală de 15,5 mil. t, care acoperă însă abia 7 % din consum, iar rezervele de gaze naturale au atins 1600 miliarde m^3.

Capacităţile de prelucrare a ţiţeiului au fost şi ele dezvoltate continuu, ajungînd la 268 mil. t în 1965, cu estimarea unei capacităţi de prelucrare de 400 mil. t în 1970.

Speranţele cele mai mari de independenţă energetică se bazează în cele mai multe ţări pe folosirea energiei nucleare.

Concluzii

Din examinarea economiei resurselor energetice, îndeosebi în regiunile lumii cele mai dezvoltate industrial, se constată următoarele :

— consumul total creşte în ritm înalt, deşi consumul specific de energie scade ;

— rezervele şi producţia de hidrocarburi se dezvoltă ;

— progresele care se realizează în domeniul mijloacelor de transport fac competitiv combustibilul, care se oferă uneori de la locuri de producţie foarte îndepărtate de regiunea de consum ;

— participarea la balanţa resurselor energetice sub forma combustibililor minerali solizi scade ; totuşi producţia de cărbuni va mai marca creşteri ;

— producţia şi consumul de hidrocarburi creşte în valoare absolută şi relativă ;

— ţările mari consumatoare urmăresc asigurarea resurselor prin întreprinderi de explorare şi exploatare, controlînd astfel economic piaţa produselor petroliere şi rezervele existente.

— energia nucleară se dezvoltă, începînd a lua din 1980 un loc tot mai important ;

— faţă de importanţa economică a resurselor energetice, toate ţările urmăresc o politică de independenţă energetică.

Bibliografie

A. *Colecţii de reviste 1965—1967*

[1] Revue Française de l'Energie.
[2] Elektrizitätswirtschaft.
[3] Brennstoff — Wärme — Kraft.
[4] Electrical World etc.

B. *Studii*

[1] Studii O.N.U.

(Articol intrat în redacţie la 19 aprilie 1968)

Note

Transportul energiei electrice prin microunde

Transportul energiei prin microunde, adică folosind drept purtător o undă radioelectrică cu o frecvenţă de ordinul a 10^3 MHz, poate fi realizat prin :

— folosirea unui suport material (conductor aerian sau cablu) ;

— radiaţia energiei electrice (legătură hertziană).

Prima încercare de transport al energiei electrice prin unde radio a fost făcută de Nicolo Tesla în 1899. El a construit un circuit rezonant de 150 kHz, format dintr-o bobină Tesla de dimensiuni foarte mari, în serie cu o capacitate formată dintr-o sferă de cupru de 1 m diametru, dispusă pe un stîlp de 60 m înălţime. Alimentînd circuitul rezonant de la o sursă alternativă de joasă frecvenţă avînd o putere de 300 kW, Tesla spera că descărcarea alternativă a capacităţii al cărei potenţial atingea 1 MW va produce oscilaţii electrice la suprafaţa solului sub forma unor unde staţionare, în cîmpul cărora se va putea introduce o antenă de recepţie. Deşi a obţinut descărcări vizibile, a căror lungime era de 30 m, unda staţionară nu s-a putut obţine din cauza pierderilor la suprafaţa solului, a căror natură era necunoscută.

În 1930 firma „Westinghouse" a efectuat un experiment de transport la o distanţă de 7,5 m cu unde de 100 MHz, radiate şi recepţionate de antene dipoli, între care s-au transmis cîteva sute de waţi.

Necesitatea de a transmite energia într-un fascicul concentrat impune folosirea unor antene la emisie şi recepţie. Pentru ca dimensiunile acestor antene să fie practic convenabile trebuie să se recurgă la unde centimetrice, deci microunde. Pînă în 1935 nu exista nici un generator de microunde avînd o putere la ieşire cît de cît importantă. Invenţia după 1930 a clistronului, şi, în timpul celui de-al doilea război mondial, a magnetronului a permis obţinerea unor generatoare de unde cu o lungime de undă de 10 cm, avînd o putere medie de 2 kW. În 1963 au putut fi obţinute generatoare cu o putere continuu debitată de 400 kW, la o lungime de undă de 10 cm. Această dezvoltare a unor tuburi generatoare cu puteri continuu debitate de sute de kilowaţi a permis realizarea unor experienţe care pregătesc baza industrială de aplicaţie a acestei noi tehnici.

Primul experiment de acest tip a fost făcut la laboratorul Spencer al fabricii Raytheon în mai 1963 (fig. 1).

Drept sursă generatoare s-a folosit un magnetron funcţionînd la 2450 MHz, cu o putere debitată continuu de 400 W, amplasat într-unul din focarele unei antene elipsoidale avînd un diametru mic, de 3 m. În celălalt focar al elipsoidului s-a amplasat receptorul, format dintr-o antenă-pîlnie (horn conic), legată cu o diodă redresoare tip ghindă, debitînd pe un motor electric. Pentru acest transport, cu o distanţă de circa 6 m, s-a obţinut un randament total de 26 %. Antena-pîlnie avea un diametru de 0,6 m şi concentra energia transmisă de generator.

Au fost făcute diverse încercări pentru a se determina randamentele diferitelor tipuri de redresoare de microunde, cum ar fi clistroane, diode termoionice, sau elemente semiconductoare montate în punte. În timp ce un tub cu unde progresive poate da 160 W în curent continuu cu un randament

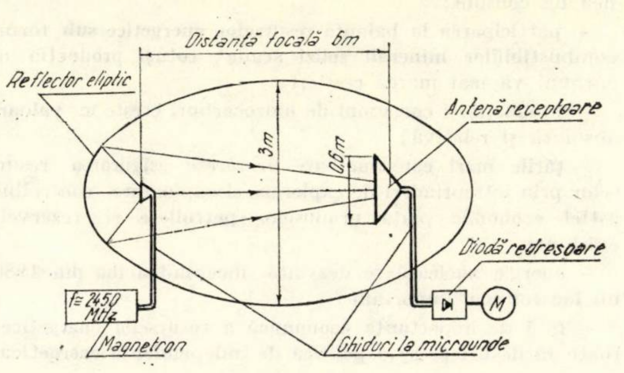


Fig. 1

de 40 %, clistroanele au randamente de 60—80 %, iar diodele, la puteri pînă la 900 W, au randamente de 50 %.

Probleme tehnice ale transportului de energie electrică prin microunde

Folosirea undelor electromagnetice implică, evident, existenţa unor antene la transmisie şi recepţie, sau folosirea unor cabluri coaxiale şi ghiduri de unde.

Dimensiunea acestor antene depinde direct proporţional de lungimea de undă, şi, pentru a menţine soluţia de transport de energie în limite practic acceptabile, trebuie să se adopte unde centimetrice (microunde), avînd deci frecvenţa de ordinul GHz. De fapt, spectrul de frecvenţe ce se are în vedere este între 1 şi 10 GHz, deoarece microundele cu frecvenţe mai mari de 10 GHz prezintă o puternică atenuare sub acţiunea umidităţii atmosferice (fig. 2).

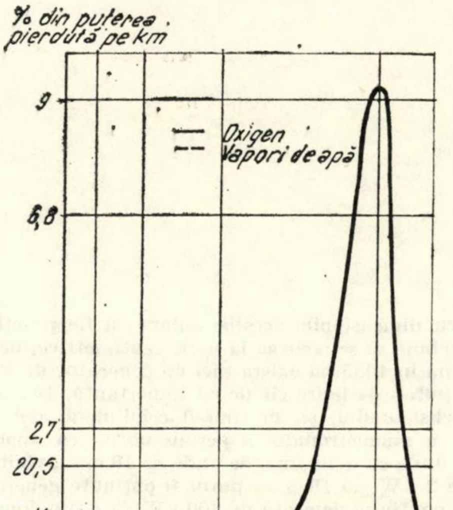


Fig. 2

Transmisiile de electrocomunicaţii implică de obicei atenuări de ordinul 50—90 dB. Dacă se doreşte a se realiza un transport de energie electrică, atenuarea totală trebuie să fie de ordinul a 1 dB. Într-adevăr, o linie de 700 kV are pierderi Joule de ordinul a 0,001 dB per km, deci la o lungime de 1000 km prezintă o pierdere de circa 1 dB.

Se reaminteşte că

$$1 \text{ db} = 20 \log (U_1/U_2) = 20 \log (I_1/I_2) = 10 \log (P_1/P_2).$$

Rezultă deci că 1 dB corespunde la un raport de tensiuni sau curenţi de 1,122 şi de puteri de 1,259, deci pe o linie de 1 000 km, cu pierderi de 1 dB, puterea pierdută ar fi circa 25 % din puterea transportată.

O instalaţie de transport de energie electrică prin microunde va conţine drept principale părţi componente un generator de microunde 5—6 GHz, un sistem de radiaţie sau transport prin conductori şi un sistem de conversie a energiei microundelor în alte forme de energie. Cel mai puternic generator de microunde cunoscut pînă în prezent este amplitronul. Acesta constă dintr-un catod central şi un anod divizat dispus concentric şi care este legat cu circuitul de radiofrecvenţă. Amplitronul are asemănări constructive cu magnetronul, dar prezintă o construcţie mai complicată, deoarece el se comportă mai degrabă ca un amplificator decît ca un oscilator. Tubul este pus în funcţiune prin aplicarea unui semnal radiofrecvenţă la intrarea circuitului r.f. şi a unui potenţial de curent continuu între anoda şi catoda tubului. La o anumită valoare a potenţialului, electronii emişi de catodă urmăresc traiectorii spirale. Sarcina spaţială care se formează induce curenţi de r.f., care se însumează la ieşire şi se anulează la intrare, dînd un efect de amplificare direcţională. Se speră ca în curînd să se obţină amplitroane de mare putere, cu randamente depăşind 90 %.

Ca element redresor capabil să transforme energia microundelor într-o formă de energie la o frecvenţă industrială, vin în prezent în consideraţie diodele semiconductoare şi diode cu barieră Schottky.

Este interesant de subliniat că dioda semiconductoare cu puncte de contact nu poate livra decît o putere redresată de ordinul a 50—100 MW.

Avantajul acestui element constă în faptul că este mic şi uşor şi poate fi combinat cu o antenă de deschidere mare, însă nedirecţională. O astfel de antenă poate fi obţinută dacă mici porţiuni ale deschiderii debitează pe redresoare separate şi dioda semiconductoare satisface tocmai condiţiile de dimensiuni şi greutate cerute unor asemenea redresoare. Prin combinaţia antenei cu o serie de diode semiconductoare se obţine „rectenna".

Folosirea ca redresor a clistronului, tubului cu unde progresive sau a magnetronului are dezavantajul că aceste tuburi prezintă o impedanţă mare şi tensiunea şi curentul lor nu sînt apte pentru a alimenta motoare electrice. Rezultate mai bune au fost obţinute pînă în prezent cu diode termoionice cu o putere de 500 W în curent continuu şi un randament de 50 %.

Pentru realizarea transportului de energie electrică prin microunde se au în vedere şi alte scheme. O astfel de schemă prevede folosirea unui generator clasic, care debitează pe un oscilator de microunde 5—6 GHz, şi amplificatoare de microunde de tip clistron, care debitează în paralel pe ghiduri de unde ce permit extragerea puterii dorite. În acest sistem de transport, energia nu mai este radiată, ci transportată prin ghidul de unde. Este de subliniat că într-un ghid de unde se pot propaga unde electromagnetice de diferite tipuri. Toate aceste unde se subdivid în două grupe fundamentale :

— Unde E (sau TM), la care cîmpul electric are direcţia longitudinală şi transversală, iar cîmpul magnetic numai direcţia transversală.

— Unde H (sau TH), la care cîmpul magnetic are direcţia longitudinală şi transversală, iar cîmpul electric numai direcţia transversală.

Ghidurile de unde au, în genere, formă dreptunghiulară sau cilindrică. La ambele, caracterizarea undei se face prin doi indici, spre exemplu H_{01} (sau TE_{01}), care indică în cazul ghidurilor dreptunghiulare numărul de semiunde staţionare de-a lungul laturii mari, respectiv laturii mici, iar în cazul ghidurilor cilindrice numărul de semiunde staţionare de-a lungul unei jumătăţi de circumferinţă, respectiv de-a lungul razei.

Într-un ghid de unde dreptunghiular se mai pot propaga şi alte unde în afară de unda tip H_{01} ; aceste unde, denumite de ordin superior, au însă o importanţă practică mai redusă. În ghiduri de undă cilindrice, structura undelor este mai complicată decît cea din ghiduri dreptunghiulare, deoarece undele nu se reflectă pe pereţi plani, ci pe suprafeţe cilindrice. Cea mai des folosită în ghiduri cilindrice este unda H_{11}, care se aseamănă cu unda de tip H_{01} din ghidul de unde dreptunghiulare.

Studiile efectuate de Loewenstern şi Dunn de la Universitatea Stanford au arătat că folosirea ghidurilor de unde cilindrice cu unde de tip TE_{01} permite transportul unor puteri de sute de megawaţi la distanţe de transport de sute de km cu pierderi acceptabile, cu condiţia ca să se evite transferul de putere în alte tipuri de unde (moduri) care prezintă pierderi excesive.

Fabrica Siemens-Halske a studiat posibilitatea transmiterii de energie electrică prin microunde de 3 GHz de tip H_{01} folosind un cablu coaxial cu un diametru de 1,5 m. Un astfel de sistem de transport ar putea transporta circa 4 GW, deci ar fi comparabil cu capacitatea de transport a unei linii trifazate de 50 Hz de 700 kV. Sistemul cu cablu coaxial prezintă avantajul unor pierderi reduse de 10^{3} dB/km şi, fiind realizat subteran, este scos de sub influenţa factorilor externi. Una dintre problemele fundamentale ale acestui sistem de transport este legată de atenuarea diferitelor tipuri de undă (moduri) care apar în acelaşi timp cu unda H_{01}. Din punct de vedere constructiv, cablul coaxial ar trebui să aibă o grosime de pereţi de circa 4 mm, curburi foarte atenuate, cu o rază minimă de 1 km, şi ondulaţiile suprafeţei nu trebuie să întreacă 0,6 mm. Dacă aceste condiţii sînt îndeplinite, pierderile de energie prin transformarea diferitelor tipuri de undă rămîn sub 5 % din atenuarea undei fundamentale.

Okress şi colaboratorii săi au studiat teoretic şi alte sisteme de transport cu microunde folosind frecvenţa încă neutilizată de 75 GHz şi un sistem radiant cu focalizare cu lentile electronice cu diametrul de 40 cm, dispuse la distanţe de 10 m, sau reflectoare 10/10 m dispuse la 300 m distanţă şi care prezintă la 3 GHz pierderi de ordinul a 3×10^{3} dB/ /km. Astfel de sisteme pot transporta teoretic 168 GW.

În sistemul de transport prin microunde propus de cercetătorii de la Universitatea Purdue, suportul transmisiei este un ghid de undă circular cu un diametru de 1,5 m şi care are instalate din loc în loc convertizoare de moduri (tipuri de undă). Ghidul de undă poate fi construit din diferite materiale, cum ar fi transit, plastic sau fier. În toate cazurile, interiorul tubului trebuie căptuşit cu un strat subţire de aluminiu şi ghidul este umplut cu un gaz inert sub o mică presiune. În vecinătatea punctelor unde sînt necesare cotituri, secţiunea este modificată progresiv, în scopul de a suprima apariţia unor tipuri de unde nedorite. Îmbinările între tronsoane trebuie special proiectate pentru a evita pierderile prin radiaţie. Puterea pierdută pe un astfel de tip ar fi de 3,5 % pe 100 km, cu un supliment de 0,3 % pentru orice punct de cotitură. Aceste pierderi sînt independente în raport cu puterea vehiculată.

Pe porţiuni inaccesibile se are în vedere realizarea unui transport prin microunde radiate, adică fără conductori. În acest scop se vor folosi antene mari la transmisie şi recepţie.

Folosirea energiei radiate prin microunde poate avea o mare importanţă pentru menţinerea pe orbită a platformelor spaţiale. În octombrie 1964 a fost efectuată de Compania „Raytheon'' o experienţă privind alimentarea cu energie electrică prin microunde a unui elicopter la o înălţime de 15 m altitudine. Elicopterul avea o greutate de circa 2,3 kg şi un motor de 0,15 CP, acţionînd o elice de 1,8 m diametru. Motorul era alimentat de o rectenna cu o suprafaţă de 0,4 m^2 conţinînd 16 × 280 elemente redresoare. Frecvenţa de lucru a fost de 2,45 GHz, sursa de putere fiind un magnetron. Experimentul a durat 10 ore, timp în care elicopterul a fost continuu alimentat şi menţinut în aer (fig. 3).

Acest experiment a făcut ca Raytheon să ia în considerație posibilitatea alimentării unei staţii de televiziune situată la 15 km altitudine timp de cîteva săptămîni.

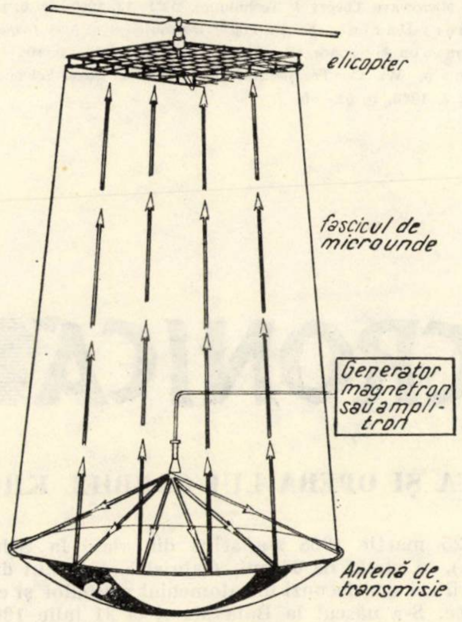


Fig. 3

Concluzii

În ultimul timp au fost făcute progrese mari privind construcţiile generatoarelor de microunde. În prezent există clistroane care debitează 1 MW la 10 GHz şi au un randament de 60 %, amplitroane de 400 kW cu un randament de 70 % şi se consideră posibil a se obţine generatoare de acest tip cu puteri de 3 GW şi randamente de 70, 80 şi chiar 90 %.

Probleme mai grele pun încă redresoarele de microunde, domeniu în care nu s-a depăşit 10 kW şi randamente de 50 %.

Se speră să se atingă randamente de 80 – 90 % cu clistroanele Litton şi cu redresoarele cu unde transversale tip Cuccia, care modulează unde tip ciclotron.

Transportul de energie electrică prin microunde, şi care să aibă importanţă industrială, va putea fi realizat probabil folosind într-o primă etapă un suport material.

Legătura directă fără suport material, prin intermediul energiei electrice radiate, va putea avea aplicaţii importante în astronavigaţie şi în alimentarea la faţa solului a obiectivelor cu acces dificil şi care nu necesită cantităţi mari de energie electrică.

Dezvoltarea în viitor a unor generatoare şi modelatoare de microunde capabile să debiteze energii importante poate să aducă o lărgire considerabilă a domeniului de folosire a transmisiilor hertziene de energie.

În prezent, ca domeniu de folosire a transportului de energie prin microunde se au în vedere în primul rînd aplicaţiile spaţiale, cum ar fi : alimentarea aeroplatformelor, punctelor izolate în munţi, staţii de televiziune etc.

Ing. **A. Rothman**

Bibliografie

[1] Okress, E. G., , Brown, W. C., Mareno, T., Goubau, G., Heenan, N. I. şi George, R. H. *Microwave power engineering.* IEEE Spectrum, vol. 1, 1964, nr. 1, p. 76–100.

[2] Weeks, W. L., Smith, J. I. şi Eaton, J. R. *Is microwave power system feasible* ? Power Eng. vol. 69, 1965 nr. 11, p. 41–43.

[3] Knegler, Th. *Mikrowellen zur Energieübertragung.* Eu. M. nr. 7, 1966, p. 405–410.

[4] Degenford, I. E. *Power Handling capability of a reflecting beam waveguide.* Proc. Inst. Electr. Electronics Engineers 53, 1965, nr. 5, p. 493–494.

[5] Okress, E. G. *Relative to microwave power engineering.* IEEE Trans. on Microwave Theory & Techniques MTT, 13, 1965, nr. 6, p. 870–871.

[6] Emery-Darius, F. P. *Power transmission at high frequency.* IEEE Trans. on Aerospace AS–3, nr. 2, supl. iunie 1965, p. 402–410.

[7] Brown, W. C. *Transmitting power without wires.* Science J. vol. 2, nr. 7, 1966, p. 51–56.

[8] Loewenstein, W. şi Dunn, D. A. *Cylindrical waveguide as a power transmission medium – limitations due to mode conversion.* Proc. IEEE vol. 54 (1966), nr. 7, p. 955–968.

[9] Mareno, T. *High-power linear beam tubes.* IEEE Intern. Convertion Record vol. 14 (1966), partea 5, p. 9–4.

[10] Koryu Ishii, T., Garnier, R. C. şi Steinhoff, R. W. *Electric Motor Energised by microwaves in a waveguide.* Proc. National Electronics Conference Chicago, vol. 22, 1966. p. 259–264.

[11] von Weiss, A. *Energieversorgung durch Mikrowellen Energieübertragung.* Comunicarea 2.5 la Simpozionul „Analiza şi sinteza reţelelor electrice" – Bucureşti, oct. 1967.

(Articol intrat în redacţie la 14 iulie 1967)

CRONICĂ

VIAŢA ŞI OPERA LUI GABRIEL KRON

La 25 martie 1968 s-a stins din viaţă la Schenectady (S.U.A), în vîrstă de 66 ani, Gabriel Kron, unul dintre cercetătorii cei mai fecunzi din domeniul maşinilor şi circuitelor electrice. S-a născut la Baia Mare, la 21 iulie 1901. După terminarea liceului la Baia Mare, în anul 1921, Kron pleacă în America, unde urmează cursurile universităţii din Michigan.

Ca tînăr inginer, absolvent cu distincţia „Cheia de aur" al facultăţii, Kron îşi vede întreruptă activitatea de marea criză economică din 1927–1929. În 1929 revine în România, preocupat de calculul tensorial, geometria diferenţială şi topologia combinatorie.

Reîntors în America, în 1934, Kron intră la laboratorul de inginerie generală al firmei „General Electric Company", unde începe studii extinse asupra aplicării calculului tensorial în electrotehnica reţelelor şi maşinilor electrice şi ulterior şi în alte domenii inginereşti.

Între anii 1932–1938, Kron dezvoltă electrodinamica neriemanniană, teoria reţelelor primitive şi a transformării matricei impedanţelor, care poate fi considerată azi clasică. Această activitate ştiinţifică, care a fost la început publicată sub forma unei serii de articole în „General Electric Review" (1935–1937) şi ulterior sub forma unei cărţi, a condus la opera fundamentală „Tensor Analysis of Networks" – publicată în 1939 şi republicată în 1965. O sinteză a acestei lucrări a fost publicată în 1942 sub titlul „A short course in tensor analysis for Electrical Engineers", de asemenea republicată în 1959 sub titlul „Tensors for Circuits".

Studiile referitoare la maşina electrică şi circuitele ei echivalente, inclusiv noţiunea fundamentală de maşină primitivă, tratate la un nivel ingineresc aplicativ, sînt concretizate în lucrarea „Equivalent circuits of electrical machinery", publicată în 1951.

Nu este lipsit de interes de arătat că una dintre primele lucrări ale lui Kron: „Tensor Analysis of Rotating Machinery", prezentată în 1933 la AIEE, a fost tipărită de autor mai întîi la Baia Mare.

În cele aproape patru decenii scurse de la începutul activităţii sale, Kron a scris cinci cărţi şi peste o sută de articole, toate cu un înalt grad de originalitate. Ultima sa carte, despre diacoptică, se ocupă cu teoria rezolvării sistemelor complexe prin metoda secţionării, rezolvînd subreţelele care rezultă din divizarea reţelei iniţiale şi interconectînd soluţiile subreţelelor pentru a determina soluţia generală.

Lucrările sale, din care multe complet epuizate, se găsesc la Biblioteca centrală de stat din Bucureşti, ca urmare a unei donaţii a autorului.

Opera lui Kron se distinge prin maniera sa sistematică de a căuta o încadrare grupală a problemelor. De fapt, utilizarea conceptelor tensoriale sub forma unor notaţii matriciale permite să se obţină o generalizare, pentru mărimi mai complicate, a unor relaţii cunoscute pentru mărimi simple.

În fizică, calculul tensorial a fost utilizat, în mod extensiv, în teoria generalizată a relativităţii; în inginerie, acest calcul a fost folosit în mod sistematic pentru prima dată de Kron.

Cîmpul activităţii lui Kron nu se limitează la analiza reţelelor şi maşinilor electrice; el se extinde la radio şi radar, la mecanică şi construcţii, la hidrodinamică, la fizică nucleară, la probleme de fizică-matematică.

Bibliografiile comentate, pe care le-a publicat inginerul şi matematicianul englez S. Austen Stigant şi prof. american Th. Higgins, aruncă o lumină clară asupra domeniului larg de aplicaţii al lucrărilor lui Kron.

Progresele obţinute în domeniul mijloacelor de calcul numeric, folosind calculatoarele numerice, au scos în evidenţă, mai pregnant, importanţa aplicării unor mijloace ştiinţifice în obţinerea soluţiilor sistemelor complexe. Avantajul acestor mijloace, care se bazează pe calculul tensorial, constă tocmai în generalizarea lor, care transformă în mijloace de investigaţie de prim ordin ale ştiinţei aplicate moderne.

Opera lui Kron poate fi mai bine înţeleasă dacă este legată de contextul ei istoric. Activitatea sa ştiinţifică începe în momentul în care fizica modernă suferă importante prefaceri, în epoca în care A. Einstein difuzează teoria generalizată a relativităţii, care – după cum se ştie – geometrizează mecanica, folosind noi concepte matematice (denumite tensori), precum şi noile idei geometrice ale lui Riemann. Entităţile fizice care au importanţă sînt cele care la o modificare a sistemului de referinţă rămîn invariante. Or, proprietatea fundamentală a mărimilor tensoriale este tocmai faptul că forma expresiilor lor analitice este invariantă în raport cu transformările sistemului de referinţă.

Punctul de plecare al lui Kron în lucrarea sa fundamentală, privind electrodinamica, este cel al căutării invarianţilor transformărilor numărului de înfăşurări, considerate drept sisteme de referinţă.

Analizînd conceptul de maşină electrică elementară sau primitivă, Kron ajunge la o formulare geometrică a electrodinamicii. Structura spaţiului-cadru în care au loc fenomenele electrodinamice nu este însă euclidiană şi nici măcar riemanniană. Această structură spaţială este mult mai complexă şi implică a se recurge la anumite idei avansate ale geometriei diferenţiale în sensul lui Cartan şi Rham.

Etapele concretizării soluţiei kroniene a electrodinamicii sînt următoarele: ecuaţiile generale ale mecanicii analitice ale lui Lagrange, introducerea legăturilor neolonome, dinamica lui Boltzmann — Hamel, electrodinamica neriemanniană a maşinii electrice (electrodinamica lui Kron).

Opera lui Kron s-a concretizat prin importante rezultate practice, cum ar fi: un regulator care permite să se regleze tensiunea unei reţele electrice fără a mai interveni reactanţa tranzitorie a generatoarelor electrice; expresiile pierderilor în reţele pentru un sistem energetic; metoda de calcul al micilor pendulări la modificări ale regimului electric al reţelei; studiul echilibrului termic al unui reactor nuclear; modelele electrice echivalente ale ecuaţiei lui Schrödinger, ale ecuaţiilor lui Maxwell şi ale altor ecuaţii diferenţiale şi cu derivate parţiale etc.

Dar, poate mai important decît acestea este acel aspect pe care l-a relevat foarte bine matematicianul sovietic A.D. Aleksandrov, cînd a spus: „Problema aplicaţiilor unei ştiinţe este înţeleasă uneori în mod îngust, şi prin urmare incorect. Se vorbeşte despre unele rezultate izolate, obţinute datorită utilizării anumitor concluzii parţiale ale unei ştiinţe date, uitînd că orice ştiinţă se aplică în ansamblu ca sistem de gîndire în domeniul dat, ca metodă generală şi ca limbaj general. Noţiunile generale şi punctele de vedere generale, deşi nu constituie prin ele însele instrumente pentru obţinerea unor rezultate concrete noi în ştiinţă şi tehnică, dau un înţeles mai adînc diverselor cazuri particulare, ne dau o privire de ansamblu asupra materiei şi a metodelor generale şi, prin urmare, ne uşurează din ce în ce mai mult, printre altele, şi obţinerea unor rezultate concrete."

Fondul operei lui Kron se bazează pe o manipulare convenabilă a celor două teoreme ale lui Kirchhoff, $C^{\alpha}_{\alpha'} \cdot i^{\alpha'} = 0$ şi $A^{\alpha'}_{\alpha} \cdot E_{\alpha'} = 0$, şi a legii lui Ohm, $e_{\alpha} = Z_{\alpha\beta} \cdot i^{\beta}$. Aceste legi au o expresie foarte simplă, dar aşa cum remarcă însuşi Kron, şi legea lui Newton $f = m \,.\, a$ şi a lui Einstein $E = mc^2$ au formă foarte simplă, şi poate tocmai din această cauză sînt atît de universale.

Prin această tendinţă către universalitate, opera lui Kron tinde către acea unitate care alcătuieşte şi a alcătuit de totdeauna strădania de bază a omului de ştiinţă.

Dispariţia sa recentă lasă un gol important în lumea cercetărilor de elită, dar opera sa va rămîne ca una din cele mai importante contribuţii ale secolului nostru.

Ing. **A. Rothman**

CONSFĂTUIREA ÎN PROBLEMELE DE AUTOMATIZĂRI TERMICE DIN CENTRALELE ELECTRICE

Bucureşti, 15—16 martie 1968

În zilele de 15 şi 16 martie 1968 a avut loc la Bucureşti a patra consfătuire pe tema automatizărilor termice din centralele termoelectrice cu abur.

La consfătuire au participat ingineri şi tehnicieni din cadrul secţiilor şi laboratoarelor AMC, din conducerea centralelor termoelectrice şi din institutele şi întreprinderile Ministerului Energiei Electrice, cu preocupări în această direcţie (ISPE, IRME, ICENERG, Energo-reparaţii).

Au fost invitaţi, de asemenea, reprezentanţi ai M.I.C.M. şi specialişti din institutele ICPET şi CCPC.

Consfătuirea a fost deschisă de ing. Şt. Feldman, director general. După o scurtă expunere a situaţiei automatizărilor termice din centralele electrice M.E.E., analizînd dinamica realizărilor în acest domeniu, a precizat liniile directoare de desfăşurare a lucrărilor consfătuirii şi a activităţii personalului legat de această acţiune, în vederea realizării termenelor stabilite de conducerea M.E.E.

În cadrul lucrărilor consfătuirii au fost prezentate rapoarte de activitate de către IRME, ISPE şi de către fiecare centrală electrică în parte. Rapoartele au cuprins o analiză a stadiului realizării planului de măsuri pentru punerea la punct a automatizărilor din fiecare centrală importantă, stabilit în cadrul consfătuirii similare din 3—5 martie 1967.

Din rapoarte au rezultat următoarele aspecte importante:

— Un procent de 82% din măsurile stabilite anul trecut au fost rezolvate.

Din restul de 18% măsuri nerezolvate, marea majoritate (12%) se datoresc unor cauze obiective, şi anume: deficienţele prezentate de instalaţia tehnologică, lipsa utilajului special, lipsa de personal etc. Dintre centrale se remarcă, în sens pozitiv, CET Grozăveşti şi CTE Paroşeni.

— Ca urmare a realizărilor măsurilor propuse, procentul instalaţiilor de automatizare aflate în funcţiune a putut atinge 100 % la reglarea alimentării cu apă, reglarea sarcinii şi tirajului, în rest procentul variind între 60 şi 80% (reglarea temperaturii aburului supraîncălzit, combustie).

— Nu s-au adus îmbunătăţiri la agregatele tehnologice şi nici nu s-a înregistrat un progres sensibil pe calea liniarizării caracteristicilor organelor de reglare, deşi a fost pe larg dezbătută în cadrul tuturor consfătuirilor anterioare importanţa acestor măsuri. Întîrzierile în rezolvarea acestor probleme au fost cauza nerealizării procentajului maxim la circuitele de reglare mai sus indicate.

— Măsurilor organizatorice preconizate pentru întărirea sectorului de automatizare din centrale (AMC şi PRAM) li s-a acordat insuficientă atenţie.

Discuţiile purtate pe marginea rapoartelor s-au grupat în jurul următoarelor probleme mai importante:

1. Creşterea indicelui de continuitate a exploatării instalaţiilor tehnologice prin mărirea siguranţei de funcţionare a aparatajului de automatizare.
2. Îmbunătăţirea principiilor de proiectare a instalaţiilor de automatizare pentru noile centrale.
3. Completarea efectivului personalului laboratoarelor şi secţiilor de automatizări termice din centrale cu specialişti, ingineri şi tehnicieni, precum şi măsurile de ridicare a calificării şi de stabilizare a personalului existent.

Discuţiile de la primul punct au relevat deficienţele aparatajului de comutaţie (relee, contactoare) de producţie indigenă şi necesitatea îmbunătăţirii calităţii lor. Legat de tipul aparatajului circuitelor de reglare, discuţiile purtate au arătat buna adaptare la fenomenele termice, simplitatea întreţinerii şi siguranţa de exploatare a sistemului cvasi-continuu, existent sub diverse variante (Siemens-Teleperm, VTI-RPIK) în majoritatea centralelor termoelectrice de mare putere (62% din puterea instalată), precum şi a acţionărilor electrice din buclele de reglare (92% din puterea instalată).

S-a relevat, de asemenea, necesitatea echipării cu elemente de protecţie la stingerea flacării a tuturor cazanelor funcţionînd pe gaze, în vederea micşorării pericolului de explozie, în special la pornire, şi a realizării astfel a primei etape pe calea automatizării complexe a centralelor.

La punctul al doilea, discuţiile au arătat necesitatea de a se limita cît mai mult diversificarea echipamentului de automatizare.

Multitudinea sistemelor de reglare existente în centralele din ţară, creată prin introducerea, în afara sistemului cvasicontinuu, şi a sistemelor continue electronice sau pneumatice, ridică problema specializării multiple a personalului şi dificultăţi mari în procurarea pieselor de schimb.

Problema introducerii elementelor de comutaţie statică în comanda şi protecţia agregatelor de bază a fost pe larg dezbătută. Insuficienta experienţă în acest domeniu impune, totuşi, ca utilizarea elementelor UNILOG să se facă cu prudenţă, începînd cu agregate de importanţă secundară.

S-au prezentat realizările obţinute de ISPE prin adoptarea în proiectare a sistemului UNIMOD şi a cablurilor cu cod de culori, dovedindu-se avantajele acestui mod de construcţie a camerelor de comandă şi necesitatea extinderii lui.

În problema automatizării cazanelor de abur de mică putere şi a cazanelor de apă fierbinte, s-a ajuns la concluzia necesităţii simplificării radicale a schemelor de comandă.

Plecînd de la ideea utilizării noilor elemente de reglare automată elaborate în ţară (FEA-Hokushin), în vederea automatizării centralelor noi şi modernizarea instalaţiilor vechi, discuţiile au precizat că aceste elemente, deşi rezolvă automatizarea centralelor de putere mică şi medie, pentru grupurile de mare putere este necesară o reconsiderare a problemei aparatajului sub aspectele: scăderea preţului de cost, simplificarea schemelor aparatajului, adoptarea acţionărilor electrice şi a aparatajului special de analiză (SiO_2, CO_2, $CO+H_2$, O_2), de vibraţii şi deplasări unghiulare şi liniare, precum şi a introducerii acordării automate în cazul trecerii de pe comanda automată la comanda manuală, şi invers.

La punctul al treilea, discuţiile au arătat importanţa formării cadrelor cu pregătire practică temeinică la şcoala ,,Iosif Rangheţ''. Pentru aceasta, înfiinţarea unui laborator de automatizări termice este o condiţie absolut necesară.

Stabilizarea cadrelor, prin cointeresare materială şi prin creşterea calificării la locul de muncă, a fost una din problemele larg dezbătute. Suplimentarea posturilor de maiştri şi muncitori specialişti, în condiţiile creşterii gradului de tehnicitate a noilor instalaţii alături de dotarea cu aparataj specializat de laborator, este singura cale de rezolvare a menţinerii în funcţiune a instalaţiilor de automatizare.

La sfîrşitul discuţiilor, pe baza propunerilor IRME privind noul plan de măsuri pentru punerea la punct a instalaţiilor de automatizare, au fost definitivate planurile fiecărei centrale în parte, precum şi planul de măsuri cuprinzînd directivele generale pentru dezvoltarea automatizărilor termice în viitor. Poziţiile mai importante ale acestui plan, pe scurt, sînt următoarele:

— utilizarea grupelor funcţionale în comanda proceselor de pornire-oprire a agregatelor termice;

— automatizarea instalaţiilor auxiliare, şi în special a staţiilor de preparare a apei, caracterizate în prezent printr-un grad de mecanizare şi automatizare foarte redus;

— îmbunătăţirea structurii organizatorice a actualelor laboratoare de automatizări din centralele mari.

După terminarea lucrărilor consfătuirii, participanţii au vizitat fabrica de elemente de automatizare (FEA).

Ing. **Şt. Popovici**

SIMPOZIONUL ,,REALIZAREA ŞI PERSPECTIVELE DE DEZVOLTARE A CENTRALELOR NUCLEAROELECTRICE CU REACTOARE APĂ-APĂ"

(Moscova, 22–27 aprilie 1968)

În scopul prezentării rezultatelor obţinute în funcţionare, în cercetare şi al realizării unui schimb de păreri între specialiştii din energetica nucleară, Comisia permanentă CAER pentru folosirea energiei atomice în scopuri paşnice a organizat la Moscova, în perioada 22–27 aprilie 1968, un simpozion cu privire la reactoarele energetice de tipul apă-apă (VVER).

La acest simpozion au participat specialişti din următoarele ţări: U.R.S.S., R.D. Germană, R.P. Bulgaria, R.P. Polonă, R.P. Ungară, R.S. Cehoslovacă, R.S. România şi R.D. Vietnam.

Cele 58 referate ţinute de specialişti în timpul lucrărilor simpozionului au fost grupate pe patru secţii de specialitate:

— Secţia I, cu tema: ,,*Proiectarea şi exploatarea CNE echipate cu reactoare apă-apă*''. Referatele prezentate în cadrul acestor secţii au scos în evidenţă rezultatele bune obţinute în exploatarea centralelor nuclearoelectrice Novo-Voronej (U.R.S.S.) şi Rheinsberg (R.D.G.) şi perspectivele care se ridică în viitor privind dezvoltarea industrială a reactoarelor energetice de tipul apă-apă în condiţiile U.R.S.S. Parametrii întrevăzuţi pentru reactoarele VVER-500 şi VVER-1000 sînt deosebit de promiţători, remarcîndu-se faptul că în viitorul apropiat se va putea construi corpul reactorului de 1000 MWe cu asemenea dimensiuni încît va putea să fie transportabil, gradul de ardere în elementele de combustibil putînd să ajungă pînă la 35 000 MWzi/t uraniu şi chiar mai mult.

Caracteristicile ce se vor obţine la generatoarele de abur pentru reactorul VVER-1 000 vor fi superioare celor obţinute sau preconizate de firmele ,,Westinghouse'' (S.U.A.) şi ,,Siemens'' (R.F. a Germaniei).

— Secţia II, cu tema: ,,*Lucrări experimentale şi de calcul, executate pentru fundamentarea reactoarelor executate*''. Referatele din cadrul acestei secţii au tratat problemele teoretice şi experimentale privind justificarea alegerii parametrilor nucleari la reactoarele energetice apă-apă executate: VVER-1 (Novo-Voronej) şi VVER-2 (Rheinsberg). De asemenea, referatele au cuprins şi aspecte privind comportarea materialelor sub flux de neutroni în reactoarele executate.

— Secţia III, cu tema: ,,*Elaborarea şi realizarea elementelor de combustibil pentru reactoarele apă-apă*''. Referatele prezentate în cadrul acestei secţii s-au ocupat de tehnologia de preparare a elementelor combustibile pentru reactoarele apă-apă, comportarea aliajelor de zirconiu (materialul tecilor) sub flux de neutroni, determinarea experimentală a arderii în elementele de combustibil pentru reactoarele VVER, controlul etanşeităţii tecilor elementelor combustibile. S-a subliniat de asemenea faptul că în condiţiile U.R.S.S. tecile elementelor de combustibil cu grad mare de ardere vor fi făcute din: Zr-Nb (cu 1 % Nb) şi Zr-Fe-Ni (cu pînă la 1 % Fe şi pînă la 1 % Ni).

— Secţia IV, cu tema: ,,*Dinamica reactoarelor apă-apă şi problemele de reglare*''. Referatele acestei secţii au scos în evidenţă problemele de reglare care s-au ridicat în timpul funcţionării centralelor nucleare Novo-Voronej şi Rheinsberg. De asemenea, referatele au prezentat preocupările care au existat la aceste două centrale în ceea ce priveşte reglajul automat, calculul creşterii de presiune în timp în încăperile etanşe ale centralei, a protecţiei în funcţionare a reactoarelor energetice apă-apă şi altele.

Ing. **T. Mocanu**

—— o ——

Colegului nostru acad. dr. doc. şt. Aurel Avramescu, redactorul responsabil al revistei „Electrotehnica", cu ocazia împlinirii vîrstei de 65 de ani

La 17 iunie 1968, academicianul Aurel Avramescu a împlinit 65 de ani, din care cei mai mulţi dedicaţi unei excepţionale activităţi ştiinţifice şi tehnice în domeniul electrotehnicii şi al energeticii, însoţită pe tot parcursul şi de o deosebită activitate documentară şi publicistică.

Revista ,,Energetica'' se alătură cu multă bucurie oamenilor de ştiinţă şi specialiştilor pentru a sărbători această etapă în viaţa academicianului Aurel Avramescu. Colectivul de redacţie ne-a însărcinat, ca vechi colegi şi prieteni ai sărbătoritului, să depănăm cu această ocazie cîteva amintiri din trecutul mai îndepărtat.

Pregătirea matematică pe care ing. Aurel Avramescu o va dezvolta şi aplica cu atîta succes în cercetările sale ştiinţifice de mai tîrziu a început cu un an de studiu la Facultatea de ştiinţe din Cluj, dedicat exclusiv acestei discipline. A urmat apoi, intercalate cu 12 luni de practică în întreprinderi industriale din ţară, studii la Politehnica din Dresda — încheiate cu obţinerea diplomei de inginer în 1928. În 1929—1930, ing. Aurel Avramescu îşi face stagiul militar la şcoala de ofiţeri de rezervă de geniu, unde (după mărturia redactorului responsabil care l-a cunoscut cu această ocazie), faţă de toţi ceilalţi bacalaureaţi, se detaşează prin cunoştinţele de specialitate şi priceperea sa la lucrările practice. De asemenea, se dovedeşte dotat şi cu un remarcabil spirit universal, preocupat de artă şi muzică (a fost şi dirijorul orchestrei şcolii de geniu).

În anul următor, concomitent cu o bogată activitate în producţie în cadrul Direcţiei Generale P.T.T., în care a adus o serie de importante contribuţii tehnice originale, tînărul inginer îşi continuă studiile teoretice, completate cu experienţe de laborator la Politehnica din Dresda, şi obţine în 1937 titlul de doctor inginer cu disertaţia: ,,Contribuţii la calculul încălzirii la scurtcircuit''. Teza d-lui a fost remarcată în mod deosebit în lumea specialiştilor şi este încă actuală şi discutată în tratate de specialitate.

În 1939, dr. ing. Avramescu trece în cadrul Societăţii generale de gaz şi electricitate din Bucureşti, unde se ocupă activ de problemele de energetică.

În cele ce urmează ne vom limita la activitatea academicianului A. Avramescu în energetică. Trebuie însă să adăugăm că, din bogata activitate a sărbătoritului, care împlineşte acum 65 de ani, energetica reprezintă numai o parte, iar noi, la rîndul nostru, nu vom putea relata decît cîteva aspecte din această parte, care singură are un conţinut important, greu de redat în cîteva rînduri.

Pe inginerul Aurel Avramescu l-am cunoscut din momentul angajării sale la Societatea generală de gaz şi electricitate din Bucureşti. Reputaţia excelentă care o avea ca doctor în ştiinţe tehnice ne-a determinat de la început să-i căutăm compania şi colaborarea în probleme de electroenergetică, cu care ne ocupam şi noi.

Primul aspect ce trebuie remarcat, de la început, în legătură cu rezultatele importante obţinute de ing. Avramescu la Societatea generală de gaz şi electricitate, este contribuţia sa deosebită la ridicarea generală a nivelului tehnic al personalului specializat. În această privinţă reamintim o discuţie în legătură cu formarea inginerilor ce se aprecia insuficientă, discuţie care a avut loc în comitetul de direcţie al întreprinderii: ,,Cît despre Avramescu, are defectul contrar celorlalţi... ştie prea multe'' a glumit un membru al consiliului, la care directorul general a remarcat: ,,Ne trebuie mai mulţi Avrameşti, pentru că şi ştiinţa este contagioasă''.

Ing. A. Avramescu introducea totdeauna un bogat conţinut ştiinţific în toate temele pe care le studia, procedeu neutilizat la acea vreme în vechea rutină a întreprinderii.

La întreprindere s-a introdus o metodă de determinare a curentului de scurtcircuit, bazată pe nomograme, metodă originală propusă de A. Avramescu, care a condus la o scurtare esenţială a calculelor, de mare importanţă în acea vreme, cînd nu existau încă mijloacele de calcul cunoscute azi.

Tot ing. A. Avramescu i se datoresc primele încercări de a introduce ,,repartiţia economică a sarcinilor'' între centralele regiunii Bucureşti, problemă complet nouă şi actuală — sub aceeaşi formă generală şi azi — în sistemul nostru energetic.

În urma a numeroase studii şi analize ştiinţifice a deranjamentelor reale din reţea, ing. Avramescu propune şi introduce norme pentru reglementarea operaţiilor şi caracterizarea situaţiilor, cu scopul, bineînţeles, al reducerii consecinţelor grave ale avariilor.

În calitate de şef al serviciului de studii al societăţii — calitate pe care a obţinut-o graţie meritelor sale scurt timp după angajare —, se poate afirma că a semnalat şi aplicat activ, în activitatea întreprinderii, cu mult entuziasm şi perseverenţă, revoluţia tehnică şi ideile noi ce frămîntau ţările cele mai avansate tehnic. E destul să amintim azi unele aspecte deosebite ale activităţii sale, şi ne referim la faptul că în 1942 a semnalat în presa tehnică românească ultimele aspecte, pe atunci senzaţionale, în legătură cu cercetările privind energia nucleară, prevăzînd că această nouă formă a energiei va deveni în viitor utilizabilă în procesul general de producere a energiei electrice în sistemele electroenergetice. În 1942, A. Avramescu scria: ,,Ne vom trezi într-o zi cu rezolvarea problemei de a utiliza practic energia atomică ce se naşte din dezintegrarea forţată a nucleelor atomice", ceea ce s-a şi întîmplat cu trei ani în urmă.

Mereu preocupat de idei noi şi utile, şi perseverent în introducerea lor, urăm azi acad. Aurel Avramescu, cu ocazia împlinirii a 65 de ani, să continue mulţi ani rodnica sa activitate pe tărîm tehnico-ştiinţific, fiind convinşi de roadele binefăcătoare ale acestei activităţi pe care cu toţii o preţuim.

Dr. ing. **P. Dimo**
membru coresp. al Acad. R.S. România

Prof. ing. **I.D. Stănescu**
redactor responsabil

Recenzii

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE. **Normativ de încercări şi măsurări la echipamente şi instalaţii electrice, la punerea în funcţiune şi exploatare, 3 E-1-67.** Oficiul de documentare şi publicaţii tehnice, Bucureşti 1967, 69 p.

Punerea în funcţiune şi darea în exploatare a unor instalaţii energetice noi, avînd echipamente perfecţionate, cu parametri ridicaţi, în cadrul dezvoltărilor recente ale sistemului nostru energetic naţional, a făcut necesară revizia instrucţiunilor nr. 59—55 ,,pentru executarea încercărilor şi a măsurătorilor preventive asupra echipamentului electric", întocmite de Ministerul Minelor şi Energiei Electrice, — sub forma normativului recenzat. Împărţirea pe capitole a normativului nou s-a făcut prin gruparea echipamentelor electrice — folosite în centrale, staţii de transformare şi distribuţie şi în reţele electrice — după criterii de asemănare, privind principiile de funcţionare şi domeniul de utilizare.

Lucrarea conţine :

— Volumul de probe şi verificări, necesare în timpul montajului, la punerea în funcţiune şi în timpul exploatării ;

— Condiţiile de executare a probelor, conform standardelor de stat şi prescripţiilor tehnice în vigoare. Pentru acestea, în lipsa unor valori ale parametrilor de realizat, prescrise de norme, s-au indicat valori orientative, extrase fie din literatura de specialitate, fie din documentaţia tehnică a aparatelor existente în ţară ;

— Periodicitatea de efectuare a probelor.

Conform acestei împărţiri, întreg textul s-a redat sub formă de tabele cu trei coloane, în care prima conţine volumul citat, sub forma denumirii probelor de efectuat, iar celelalte două coloane condiţiile de executare şi periodicitatea probelor.

Gruparea probelor s-a făcut în ordinea următoare : măsurări privind starea izolaţiei, încercări asupra izolaţiei, măsurări pentru obţinerea unor date iniţiale, verificări electrice, măsurări şi probe mecanice. În normativ nu sînt descrise metodele uzuale utilizate la încercări şi măsurători, care se vor lua din literatura tehnică existentă, pînă la apariţia colecţiei de instrucţiuni detaliate asupra acestor metode, în anii 1968—1969. Numai în cazuri speciale, cînd este preferabil ca o anumită probă să se execute cu o anumită metodă, s-au dat indicaţii în acest sens.

Textul introductiv indică procedura necesară pentru executarea probelor distructive, cu acordul tuturor părţilor interesate (proiectant, executant, beneficiar de investiţii şi de exploatare), precum şi pentru cazurile cînd volumul de verificări cuprins în normativ nu apare ca suficient. Tot în textul introductiv se lămuresc condiţiile de aplicare a normativului, dintre care cele mai importante sînt cele privitoare la periodicitatea probelor, şi anume :

— indicaţiile date reprezintă intervalele maxime la care se pot efectua probele şi verificările, ele putîndu-se însă face şi mai des, atunci cînd între timp apar fenomene ce impun aceasta ;

— încercările cu tensiune mărită nu se normează ca periodicitate, acestea urmînd a fi stabilite de conducerile întreprinderilor în cauză, în funcţie de importanţa instalaţiilor, de starea tehnică a echipamentelor şi de statistica de avarii ;

— aprecierea mărimilor nenormate, în cazul lipsei datelor de fabrică, se face pentru condiţii tehnice identice, în ceea ce priveşte temperatura, condiţiile atmosferice, clasa de precizie a aparatelor etc. ; totodată, în cazul în care nu se specifică temperatura la care se efectuează proba, se înţelege cea de +20°C.

Se va ţine totodată seamă de temperatura mediului ambiant în care se efectuează probele, creîndu-se condiţii speciale pentru ca instrumentele de măsură să rămînă în orice caz în clasa respectivă ;

— prin ,,rezistenţă de izolaţie" a unui circuit se înţelege mărimea obţinută după un minut de la supunerea izolaţiei la tensiunea de probă ;

— înainte şi după încercarea cu tensiune mărită a unui echipament electric, este obligatorie măsurarea rezistenţei de izolaţie a acestuia ;

— înaintea probei cu tensiune mărită, la echipamente care conţin ulei, trebuie să existe rezultatele încercării uleiului ;

— măsurarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice trebuie făcută cu o tensiune cel mult egală cu tensiunea nominală a echipamentului ;

— înainte şi după efectuarea oricărei măsurări şi în special a celor de izolaţie, înfăşurarea respectivă trebuie descărcată electric, prin legarea ei direct la pămînt timp de 1—3 minute, în funcţie de elementul încercat.

Din punctul de vedere al echipamentelor şi instalaţiilor electrice, pentru care se prescriu probe şi verificări, precum şi periodicitatea acestora, normativul se împarte după cum urmează :

Capitolul	*Echipamentul sau instalaţia*
1.	Generatoare şi compensatoare electrice.
2.	Maşini de curent continuu.
3.	Motoare electrice de curent alternativ.
4.	Transformatoare de putere.
5.	Bobine de stingere.
6.	Reactoare în aer.
7.	Transformatoare de tensiune.
8.	Transformatoare de curent.
9.	Întreruptoare.
10.	Separatoare.
11.	Linii electrice aeriene.
12.	Cabluri electrice.
13.	Bare.
14.	Descărcătoare.
15.	Izolatori.
16.	Condensatoare statice.
17.	Instalaţii de comandă şi distribuţie la tensiuni pînă la 1 kV. Circuite primare.
18.	Circuite secundare.
19.	Baterii de acumulatoare.
20.	Instalaţii de legare la pămînt.
21.	Uleiuri electroizolante.

Normativul posedă anexe explicative de detaliu la unele capitole.

Lucrarea se încheie cu o listă a standardelor de stat utilizate în text şi cu o bibliografie a lucrărilor tehnice consultate la alcătuirea lui.

În încheiere se menţionează că eventualele instrucţiuni, normative, regulamente etc., ce vor apărea ulterior şi care vor conţine pentru anumite probe indicaţii sau valori diferite de cele prevăzute în prezentul normativ, vor atrage automat modificarea datelor respective.

Ing. Vl. Rădulescu

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE. **Normativ pentru construcţia liniilor aeriene de energie electrică peste 1 000 V, 1 L-1-67.** Oficiul de documentare şi publicaţii tehnice, Bucureşti 1967. 94 p., 28 tabele, 12 fig., o hartă.

Noul normativ pentru construcţia liniilor aeriene de energie electrică, cu tensiuni peste 1 000 V şi pînă la 400 kV, cuprinzînd domeniul liniilor de medie, înaltă şi foarte înaltă tensiune, a rezultat prin revizuirea prescripţiei nr. 4—1960, cu acelaşi conţinut, a Ministerului Minelor şi Energiei Electrice. Această revizie a fost necesară, pe de o parte, datorită progreselor tehnicii în construcţiile de linii electrice în toate ţările, pe de altă parte, pe baza experienţei exploatărilor de linii din ţara noastră, putîndu-se considera că în prezent toate zonele din ţară sînt împînzite cu linii de tensiune medie (în special 15 şi în viitor 20 kV) şi de înaltă tensiune (110 kV), ceea ce nu era cazul în 1960, data ediţiei precedente. Normativul a păstrat acelaşi plan ca prescripţia precedentă, fiind împărţit în 12 capitole, pentru care se vor specifica, în cele ce urmează, modificările şi diferenţele mai importante faţă de prescripţia nr. 4—1960 :

În capitolul 1 — *Domeniu de aplicare ; definiţii* — s-a renunţat la clasificarea liniilor după domeniile de tensiuni, în legătură cu importanţa consumatorilor alimentaţi, întrucît s-a constatat că au apărut consumatori foarte importanţi chiar la valorile cele mai joase ale tensiunilor medii.

Capitolul 2 — *Condiţii climatice ; încărcări ; ipoteze de calcul* — prezintă modificări sensibile faţă de ediţia precedentă. În primul rînd, din punctul de vedere al periodicităţii la care se aplică factorii meteorologici determinanţi în calculul mecanic, s-au definit două categorii de linii :

— linii cu tensiunea nominală $U_n \leqslant$ 110 kV, la care condiţiile climatice de calcul se determină pe bază statistică, prin suprapunerea celor mai defavorabile sarcini şi temperaturi, care se observă o dată la zece ani ;

— linii cu tensiunea nominală $U_n >$ 110 kV, la care se iau în considerare aceleaşi mărimi, dar care se constată o dată la 15 ani.

Ambele categorii de elemente se aplică tot la zonele climatice Ia, Ib şi II, ca în ediţia precedentă îmbunătăţită de prescripţii (în care mai apărea şi zona I c), cu deosebirea că zona Ia, cu condiţiile climatice cele mai grele, cuprinde acum şesul Dunării — delimitat spre nord de o linie mergînd de la vest de Gura Jiului prin Caracal — Nord Drăgăneşti Olt — S. Titu — Răcari-Urziceni — N. V. Făurei-Bujor-Prut — şi Dobrogea. Totodată, zona Ib se cuprinde între linia susnumită şi o linie mergînd de la Dunăre, — la vest de Moldova Nouă — sud-vest de Anina — sud-vest de Haţeg şi apoi urmînd arcul Carpaţilor, pînă la sud-vest de Vişeu-Sighet. În sfîrşit, zona II, cu condiţiile cele mai dulci, reprezintă restul ţării (Ardeal, Crişana, Banat).

Totodată, parametrii meteorologici au crescut, în special la liniile cu $U > 110$ kV, cu pînă la 13 % (la vînt) şi 70 % (la chiciură), faţă de prescripţia precedentă.

Capitolul 2 se termină cu cazurile ce se consideră în practică, din combinările de simultaneitate posibile de factori meteorologici (temperatură, vînt, chiciură), în total cinci combinaţii.

În capitolul 3 — *Conductori* — s-a modificat, faţă de prescripţia precedentă, definirea tracţiunii normale (0,5 din rezistenţa la rupere) şi reduse (0,4 din aceeaşi rezistenţă), în conductori, precizîndu-se că se specifică în tabelele anexă (cap. 11) cînd se aplică tracţiunile normale şi cînd cele reduse. Se dau totodată secţiunile minime admise (25 mm^2 pentru Ol—Al funie sau aliaje de Al, 16 mm^2 pentru Cu, Bz sau Ol) şi se indică modul de calcul al rezistenţelor fictive, pentru secţiuni compuse. S-au precizat, în capitolul 4 — *Izolatori şi armături* — tensiunile de ţinere, la diferite tensiuni nominale ale izolatorilor, atît la cea de impuls de polaritate negativă, cît şi la cea de frecvenţă industrială, indiferent de tipul de izolator, faţă de tensiunile de conturnare sub ploaie, aplicate numai la tensiuni de frecvenţă industrială în cazul lanţurilor, în vechea prescripţie. Totodată s-au adus noi precizări, cu privire la utilizarea lanţurilor de izolatori şi a armăturilor lor de protecţie, la tensiunile de 220 şi 400 kV, şi s-a precizat un coeficient de siguranţă egal cu 4, pentru izolatorii cu inimă plină, a căror spargere determină căderea conductorului respectiv. În locul coeficienţilor de siguranţă din vechea prescripţie, siguranţa mecanică a armăturilor s-a definit prin procente din rezistenţa la rupere. Ca prevedere nouă, s-a introdus condiţia de rezistenţă a legăturilor de sîrmă pe izolatori-suporţi, la 70% din forţa de rupere a stîlpului respectiv, în lungul liniei.

În capitolul 5 — *Aşezarea conductorilor pe stîlpi. Gabarite* — s-au adăugat două tabele cu distanţele minime admisibile de la conductori la părţile legate la pămînt, precum şi între faze la încrucişări ; totodată, din tabelele de gabarite s-au scos distanţele la pămînt în zone locuite şi industriale şi peste ape, întrucît mai sînt trecute şi în tabelele speciale de la cap. 11.

Capitolul 6 — *Tipuri de stîlpi, domenii de folosire, ipoteze de calcul* — s-a refăcut într-o formă mai concentrată şi mai uşor de urmărit, faţă de tabelele din ediţia anterioară, stabilindu-se pentru fiecare tip toate condiţiile de calcul.

În cadrul capitolului 7, tratînd despre *stîlpi metalici*, s-au redus de la trei la două seriile de rezistenţe admisibile, şi anume seria I pentru funcţionarea liniilor în regim normal şi la montaj, iar seria II, în regim de avarie. S-au scos de asemenea rezistenţa admisibilă la strivirea suprafeţelor şi rezistenţele pentru nituri nepăsuite, revizuindu-se toate condiţiile, după STAS 763-66, în ce priveşte construcţiile metalice.

Capitolele 8 şi 9, tratînd despre *stîlpi din beton armat şi de lemn*, s-au redus la prescripţiile strict necesare construcţiei liniilor, cum ar fi coeficienţii de siguranţă admisibili în funcţionare normală şi în regim de avarie la transport şi montaj, respectiv diametrul şi numărul minim de bare, la stîlpii de beton armat, iar pentru stîlpii de lemn, trimiterea la STAS 858-49 pentru rezistenţele admisibile seria I (cele din seria II fiind cu 40 % mai mari) şi dimensiunile minime ale stîlpilor şi pieselor accesorii, la suporţii compuşi.

Pentru calculul fundaţiilor (cap. 10) se dă o tabelă cu coeficienţii de stabilitate în regim normal şi de avarii, la diferitele tipuri definite şi se trimite la normativele CSCAS pentru calculul lor. Totodată, pentru calculele de stabilitate, se recomandă două metode : sovietică, pentru fundaţiile supuse la răsturnare, şi germană (Müller-Frölich) pentru cele supuse la smulgere — reproduse în detaliu, în anexele II şi III la normativ.

Ca şi în prescripţia nr. 4—60, în capitolul 11 s-au cuprins prevederile *pentru porţiuni speciale de traseu şi traversarea diferitelor construcţii*, rezumate în 7 tabele la sfîrşitul normativului, cu texte explicative în capitolul însuşi. Faţă de ediţia precedentă, sînt de semnalat următoarele modificări esenţiale :

a) S-au înăsprit condiţiile de traversări peste clădiri, limitîndu-se la cazul construcţiilor nelocuite şi auxiliare (în textul par. 11.16).

b) S-au scos din tabele, şi s-au introdus în par. 11. 16, situaţiile în care nu se consideră traversări, cu condiţia unor distanţe orizontale minime, între conductorii la cea mai mare abatere şi elementul cel mai apropiat al unei construcţii.

c) S-a impus, în zone locuite, condiţia suspensiei conductorilor pe cîte doi izolatori şi rezistenţa stîlpilor la ruperea unui conductor.

d) Se trimite la STAS 6290-67, pentru traversările peste linii de telecomunicaţii.

e) S-a elaborat un tabel separat (nr. 28) privind traversările şi paralelismele liniilor cu tensiuni peste 1 000 V, cu cele de joasă tensiune (pînă la 1 000 V).

Din capitolul — *Probleme speciale, protecţia contra supratensiunilor atmosferice, legări la pămînt împotriva vibraţiilor* —, faţă de prescripţia nr. 4—60, s-au scos problemele de amplasări de linii de peste 1 000 V montate pe stîlpi, comuni, întrucît experienţa a arătat că nu este cazul a se lua măsuri speciale, — cu excepţia montării pe stîlpi comuni a liniilor de joasă tensiune 400/231 V, cu linii pînă la 20 kV, care s-a tratat în tabela nr. 28. În schimb s-au introdus aici problemele de protecţie a liniilor de 110 kV şi mai mult, prin conductorii montaţi pe vîrful stîlpilor (conductori de protecţie sau de gardă) şi principiile de bază ale legăturilor stîlpilor la pămînt.

Ing. Vl. Rădulescu

* * *

Informaţii tehnice

Shuaba A şi B cea mai mare termocentrală în orientul mijlociu. La 50 km de Kuweit, pe coastă, este amplasată termocentrala cu abur Shuaba A, care are în prezent trei turbogrupuri a cîte 70 MW. Pentru această centrală s-au mai comandat la Siemens încă două turbogrupuri de aceeaşi mărime fiecare. În acelaşi loc se construieşte şi o centrală cu două grupuri cu turbine cu gaz, fiecare de cîte 25 MW, pentru a acoperi sarcina de vîrf. Pentru o a doua termocentrală Shuaba B, prevăzută pentru 500 MW, s-au comandat patru cazane de abur, fiecare de 550 t/h, 120 ata, 510°C, prevăzute pentru ardere cu gaz şi combustibil lichid. Cu aceste completări puterea instalată creşte cu 130 %.

(BWK nr. 4, 1968)

Comandă electronică pentru o centrală iugoslavă. Obrenovac este prima centrală electrică din Belgrad înzestrată cu o instalaţie electronică de măsurare, reglare şi comandă pentru cele două blocuri ale centralei. Cazanele sînt livrate de Skoda, grupurile turbogeneratoare, fiecare de 210 MW, sînt din U.R.S.S. Instalaţia electronică de comandă se livrează de Hartmann şi Braun cu preţul de 4.10^6 DM.

(BWK nr. 4, 1968)

Centrală nucleară în Argentina. Firma ,,Siemens" din R.F. a Germaniei a primit comanda pentru o centrală nucleară pentru Argentina, furnizînd un reactor cu apă grea tip MZFR, care permite utilizarea uraniului natural ce se găseşte în ţară. Firma ,,Siemens" va livra, de asemenea, o fabrică pentru elemente combustibile şi va face instruirea personalului.

(BWK nr. 4, 1968)

U.R.S.S. construieşte reactorul rapid reproducător Sevcenko. La est de Marea Caspică, la Sevcenko se construieşte un reactor rapid reproducător care se va da în funcţiune după doi ani. Miezul reactorului foloseşte plutoniu şi este răcit cu 500 t natriu. Centrala nucleară, pe lîngă o producţie anuală de energie electrică de 1 TWh, va furniza şi abur pentru o instalaţie de desalinare a apei de mare, care va produce anual 40.10^6 m^3 apă potabilă.

(BWK nr. 4, 1968)

ALSTHOM a livrat statorul de la primul său alternator de 600 MW, care are 4 m diametru, 8 m lungime şi 265 t. Complet montat, tot grupul are 53 m lungime. Grupul de 600 MW, la 3 000 rot/min, într-o singură linie de arbore constituie un record european, pentru cele două grupuri comandate de EDF industriei franceze.

(Entropie nr. 19, 1968)

Societatea suedeză Vattewfall are în proiect construcţia unei centrale nucleare la Ringhals, pe coasta de vest. Această centrală va cuprinde un prim grup de 500—750 MW, care va fi pus în funcţiune în 1973. Alte trei grupuri vor fi construite apoi pentru a atinge puterea totală de 3 000 MW. Această centrală va fi echipată cu un reactor cu apă în fierbere, care va furniza energie electrică mai ieftină decît centralele cu abur clasice.

(Entropie nr. 19, 1968)

Turbine cu abur de 200—500 MW sînt prevăzute pentru a echipa centralele nucleare din U.R.S.S. Centrala nucleară Novo-Voronej este astăzi echipată cu un grup turboalternator de 200 MW. În 1968, un grup de 375 MW va fi pus în funcţiune. Este prevăzut ca această centrală să fie echipată în viitorul apropiat cu două alte grupuri, fiecare de 500 MW. Centrala Bieloiarsk a fost dotată de asemenea cu un grup de 200 MW.

Uzina din Harkov a cumpărat un proiect de turbină de 500 MW, care trebuie să fie cuplată cu un alternator de putere corespunzătoare.

(Entropie nr. 19, 1968)

Consumul de energie electrică în Franţa, inclusiv pierderile în 1967, s-a ridicat la 114,1 miliarde kWh, faţă de 109 miliarde kWh în 1966, adică o creştere de 4,7%. Diferitele feluri de centrale au produs astfel, în miliarde kWh: energie hidraulică 45; energie termică clasică 64,2; energie nucleară 2,5; din import 2,6. Pierderile în reţea au fost de 8,4 miliarde kWh. Puterea instalată a crescut în anul 1967 cu 1 000 MW.

(Entropie nr. 19, 1968)

Producţia de energie electrică a Ungariei. Puterea centralelor electrice va creşte în Ungaria cu 3 000 MW pînă în 1970, iar în planul cincinal 1971—1975 cu încă 1 500 MW.

Termocentrala de la Szaszalombatta pe Dunăre este pe terminate.

O parte a centralei de la Gyöngyös, de 600 MW, pe cărbuni, va da energie electrică începînd din 1970. Este în curs de construcţie şi o termocentrală cu cărbuni la Adony cu blocuri de 200 MW.

Toate aceste trei instalaţii sînt prevăzute să folosească, după alegere, cărbune, combustibil lichid şi gaze, dar în principal să ardă lignitul, care este mai greu de utilizat altfel.

În apropiere de Pécs, pe Dunăre, se construieşte o centrală atomică de 400 MW, compusă din două reactoare, care va fi dată în funcţiune în 1975. Parte din echipament se furnizează din U.R.S.S. Proiectul este o colaborare ungaro-sovietică. U.R.S.S. va livra combustibilul nuclear necesar.

(Elektrie nr. 4, 1968)

Cel mai mare motor sincron cu ax vertical în U.R.S.S., de 12 MW. Pentru sistemul de irigaţie din Karşi, în Uzbekistan, s-a construit un motor sincron de 12 MW, cu ax vertical, care are înălţimea unei case cu două etaje şi greutatea de 150 t.

(Elektrie nr. 4, 1968)

Cărucioare pentru transportul montorilor pe liniile de înaltă tensiune. Firma J. Barnsley din Northerton (Anglia) furnizează CEGB cărucioare speciale cu ajutorul cărora se asigură transportul muncitorilor în timpul lucrărilor de întreţinere şi reparaţii ale liniilor aeriene sub tensiune. Un troleu special, acţionat manual, asigură transportul unui cărucior de-a lungul conductorilor jumelaţi. Un sistem special de frînare acţionează nemijlocit asupra celor patru roţi de aluminiu.

Măsuri speciale de protecţia muncii asigură securitatea muncitorilor şi în cazul balansării conductorilor.

(Electrical Times, vol. 153, nr. 16, 1968)

Necesarul şi consumul de energie al lumii. Consumul de energie al lumii în 1960 a fost de 4350 miliarde t SKE şi se estimează pentru 1970 un consum de 6110 miliarde t SKE şi pentru 1980 de 10 900 miliarde t SKE.

(Gas Wärme International nr. 3, 1968)

Uriaşe vase-tanc vor transporta metan lichid în Japonia. Pentru transportul de gaz metan lichid din zăcămintele din Borneo în Japonia, au fost proiectate două vase-tanc a cîte 40 000 t, cu o lungime de 244 m şi 39,5 m lăţime. Aceste vase vor transporta anual, de la distanţa de 4 000 km, o cantitate medie zilnică de 5,37 milioane m^3. Costul transportului va fi mai mic ca cel al gazului transportat din Algeria pentru Anglia cu circa 30%, şi anume de 0,88 D pfg/1 000 kcal, faţă de 1,3 D pfg/1 000 kcal.

(Gas Wärme International nr. 3, 1968)

Energia electrică în Anglia în 1967. Centralele electrice aparţinînd Central Electricity Generating Board au produs în 1967 în total 160 TWh, din care 10% din centrale nucleare. În celelalte centrale s-au consumat 65 milioane t cărbune şi 11 milioane t SKE combustibil lichid. Fără energia atomică s-ar fi consumat cu 7 milioane t mai mult cărbune.

Se proiectează construirea prin cooperare franco-vestgermană a două centrale hidroelectrice la Iffezheim şi Gambsheim, la nord de Strassburg, pentru regularizarea apelor şi producţia de energie electrică. Costul de circa 400 milioane franci va fi suportat în părţi egale.

(Elektrotechnische Zeitschrift nr. 6, 1968)

După patru ani de tratative, ,,South of Scotland Electricity Board'' a acceptat să plătească firmei ,,United Power Co.'' suma de 61 milioane lire pentru construcţia centralei nucleare Hunterston ,,A'', intrată în exploatare în 1964, cu o întîrziere de doi ani, şi care a prezentat în perioada de punere în funcţiune o serie de deficienţe ce au necesitat reconstrucţii.

(Electrical Times vol. 153. nr. 9 29 februarie 1968)

Capacitatea centralelor electrice în S.U.A. (inclusiv Alasca şi Havai), MW

	Centrale termo-electrice	Centrale nuclearo-electrice	Centrale hidro-electrice	Turbine cu gaz şi agregate Diesel	Total
Stadiul la finele anului 1967	210 210	2 437	47 350	7 078	267 075
Se construiesşte pînă în 1974	94 440	52 446	18 154	7 105	172 145
În total, la finele anului 1974	304 650	54 883	65 504	14 183	439 220

(Energiewirtschaftliche Tagesfragen nr. 4, 1968)

Trasport de energie electrică de înaltă tensiune de curent continuu în Canada. Pentru transportul energiei electrice de la fluviul Nelson, în partea de nord a Canadei, spre Winnipeg, s-a proiectat o instalaţie de curent continuu de ±450 kV. Sînt prevăzute două linii aeriene separate, fiecare de 960 km lungime, din care fiecare poate transporta 3 240 MW. Stîlpii vor avea o înălţime de 46 m şi poartă doi conductori de 40,5 mm diametru, la distanţă de 46 cm. Costul construcţiei pentru transportul energiei electrice se va amortiza în 50 de ani.

(Energiewirtschaftliche Tagesfragen nr. 4, 1968)

Energia electrică în Bulgaria. La începutul lunii martie a început construcţia termocentralei Mariţa-Iskoc III, prevăzută pentru 800 MW, care va folosi lignit. Costul curentului va fi cu 44% mai mic faţă de cel al celorlalte termocentrale bulgare. În 1967 au intrat în funcţiune noi centrale, cu un total de 465 MW, printre care şi termocentrala de la Rusciuc, pe Dunăre, cu 170 MW, care primeşte cărbunele pe Dunăre. La finele planului cincinal 1966 – 1970 se vor atinge puteri de 3 000 MW.

(Energiewirtschaftliche Tagesfragen nr. 4, 1968)

La o recentă conferinţă a IEE, privind exploatarea şi funcţionarea economică a diverselor tipuri de centrale în viitoarele sisteme energetice, s-a discutat, printre altele, problema acoperirii variaţiilor rapide de sarcină şi a repartiţiei economice prin deconectarea unor consumatori de mai mică importanţă.

Deoarece pentru CEGB se prevede în viitor ca aproximativ 85% din sarcina sistemului să fie acoperită de 15 centrale foarte mari, de caracteristici economice foarte apropiate, problema repartiţiei optime a sarcinii va fi în principal determinată de condiţiile de siguranţă şi de reţea.

(Electrical Times vol. 153, nr 9 29 februarie 1968)

La sfîrşitul anului 1966, capacitatea centralelor din Japonia a atins valoarea de 36 090 MW, din care 39% revin centralelor hidroelectrice, iar 61 % centralelor termoelectrice.

La sfîrşitul anului 1976, puterea centralelor va atinge 82 940 MW, din care 11 % se vor produce în centrale nucleare.

O convenţie recent încheiată cu o delegaţie britanică permite Japoniei utilizarea programelor de calcul ale UKAEA corespunzătoare utilizării reactoarelor cu apă grea.

(Electrical Times vol. 153, nr. 10, 7 martie 1968)

Patru hidrogeneratoare din sistemul energetic Ontario Hydro au fost echipate cu un sistem automat, al cărui ordin de reglaj este proporţional cu viteza de variaţie a unghiului intern. Sistemul de reglaj, pus în funcţiune din 1966, şi-a dovedit eficacitatea pentru transporturile la distanţe mari pe linii de înaltă tensiune puternic încărcate, reuşindu-se o încărcare de pînă la 97 % din limita teoretică de stabilitate statică cu generatoare de impendanţă nulă.

(Electrical Times, vol. 153, nr. 10, 7 martie 1968)

La centrala electrică ,,Troiţkaia'', din Ural, s-a pus în funcţiune cel de al 7-lea agregat, cu o putere de 300 MW, puterea instalată a centralei atingînd astfel 1 500 MW. La aceeaşi centrală urmează să se instaleze încă un turboagregat, de 500 MW.

(Energhetik nr. 3, 1968)

La Paujeţk (sudul insulei Kamceatka) funcţionează prima centrală experimentală geotermică din U.R.S.S., cu o putere de 5 000 kW. Calculele economice au arătat că atît investiţiile cît şi cheltuielile de exploatare sînt inferioare celor corespunzătoare centralelor termice clasice.

(Energhetik nr. 3, 1968)

Uzinele Alsthom – Savoisienne vor livra EdF cel mai mare transformator construit pînă în prezent în Europa, de 660 MVA, 20/400 kV, care va fi instalat la centrala Porcheville.

(Electrical Times vol. 153, nr. 10, 7 martie 1968)

Pentru atragerea cadrelor în energetică în programele TV destinate şcolilor britanice, au fost incluse filme ce descriu activitatea electricienilor din instalaţii.

(Electrical Times vol. 153, nr. 10, 7 martie 1968)

UKAEA oferă centrale nucleare cu apă grea la o investiţie de 60 lire/kW, furnizînd energie electrică la preţul de 0,5 penny/kWh şi al căror termen de punere în funcţiune este de patru ani.

(Electrical Times vol. 153, nr. 9, 29 februarie 1969)

,,Florida Power & Light Co.'' (S.U.A) a obţinut rezultate bune în domeniul protejării cablurilor de circuite secundare împotriva incendiilor. Procedeul constă dintr-o plasă protectoare din fibre de azbest, tehnică utilizată şi în cercetările spaţiale.

(Electrical Times, 14 martie 1968)

Pe viaductul Tinsley, între Sheffield şi Nottingham, se instalează 113 mile de cabluri, necesare încălzirii şoselei în timpul iernii, pentru prevenirea formării poleiului datorită vecinătăţii turnurilor de răcire de la marea centrală Blackburn.

(Electrical Times, 14 martie 1968)

În S.U.A. s-au furnizat 483 MT cărbuni în 1966, cu 4 % mai mult ca în 1965. În 1967 se estimează o creştere de 7%, centralele pe cărbuni reprezentînd jumătate din puterea totală a centralelor electrice.

(BWK, nr. 3, 1968)

În bazinul Ruhr se construieşte o centrală electrică pe cărbuni, cu două unităţi de cîte 350 MW, care va intra în funcţiune în vara anului 1970. Grupul Babcock livrează cele două cazane Benson, fiecare cu debitul de abur de 940 t/h, la preţul total de 70.10 DM. Aburul va avea presiunea de 220 ats şi temperatura de 530°C. Cărbunele este măcinat de mori cu debitul de 40 t/h fiecare. La un timp de utilizare de circa 4 000 h/an, centrala va consuma 10^6t SKE.

(BWK nr 3, 1968, p. 138–143)

Firma „Siemens", din R.F. a Germaniei, furnizează în Canada, pentru „Hydro-Quebec", trei transformatoare 735/300 kV. Această tensiune este în prezent cea mai mare. Staţia de transformare este de 4 200 MVA şi transportul energiei electrice se face la distanţa de 600 km.

(BWK, nr. 3, 1968, p. 138–143)

Firma Balcke a primit comanda pentru cele patru cazane de abur ale reactorului cu apă sub presiune de la Stade Cazanele au, fiecare, greutatea de 140 t. diametrul de 3,5 m şi înălţimea de 15 m. În total sînt folosite 170 km ţevi din aliaj cu nichel. Cazanele vor produce în total 3 600 t/h abur de 52 ats şi 265 °C.

(BWK, nr. 3, 1968, p. 138–143)

„Siemens" a luat la licitaţie, în Argentina, comanda pentru o centrală nucleară de 318 MW, cu reactor cu apă grea şi uraniu natural, la preţul de 300.10^6 DM. Această centrală, amplasată la Atucha, la 110 km de Buenos Aires, va intra în funcţiune în 1972.

(BWK, nr. 3, 1968, p 138–143)

„General Electric" a primit comanda de la „Consolidated Edison" pentru o centrală nucleară de 1115 MW_e, la preţul de 210.10^6 \$, care va fi pusă în funcţiune în 1973. Sistemul nuclear de producere a aburului va costa 33.10^6\$. Turbogrupul este livrat de firma engleză „Associated Electric Industry" la preţul de 24.10^6 \$, fiind cu 20 % mai mic decît al concurenţei. Energia electrică va costa 4,9 mills/kWh, din care 3,2 mills sînt costurile fixe, 1,4 mills combustibilul şi 0,3 mills exploatarea şi întreţinerea.

(BWK, nr. 3, 1968, p 138–143)

„Carolina Power & Light" a comandat la „General Electric" trei reactoare cu apă fierbinte, de 800 MW_e fiecare. Primele două unităţi vor fi date în exploatare în 1973 şi 1974.

(BWK, nr. 3, 1968, p. 138–143)

Energie nucleară pentru căldura cerută de procese tehnologice. Industria chimică din R.F. a Germaniei consumă energie în valoare de 12% din valoarea brută a producţiei, aparţinînd astfel ramurilor cu cel mai mare consum de energie, care atinge 27 % din totalul consumului industrial. Alimentarea cu energie electrică şi căldură la preţuri scăzute ar asigura o competitivitate sporită pe piaţa internaţională. Acest raţionament a condus în S.U.A. la comandarea unei prime centrale nuclearoelectrice exploatate în comun de întreprinderi de electricitate şi uzine chimice. Şi în R.F. a Germaniei sînt în discuţie astfel de centrale nuclearoelectrice.

1. O centrală de 600 MWe la Hoechst, pentru uzinele Hoechst şi întreprinderile de electricitate Frankfurt şi RWE.
2. O centrală de 600 MW la Mannheim, pentru uzinele BASF (consum 3 000 t/h abur şi 4,5 TWh/an), oraşul Mannheim şi întreprinderea de electricitate Pfalz.
3. O centrală de 600 MW_e la Marl, pentru uzinele Hüls. Hotărîrea privind această centrală urmează a se lua în cursul acestui an.

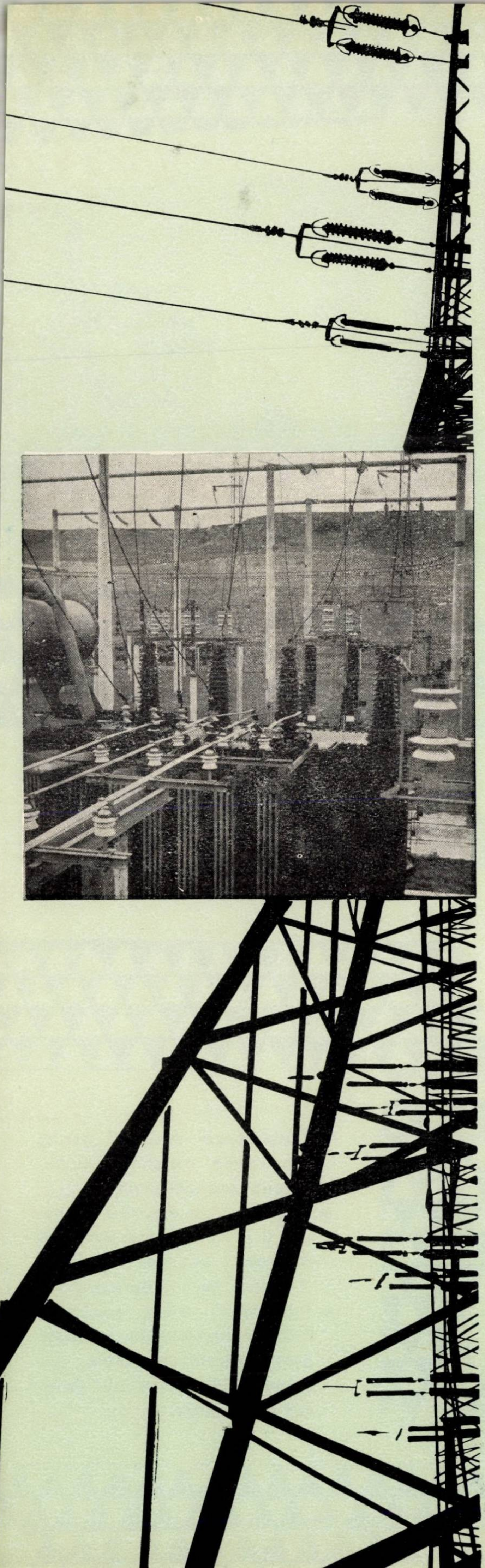
(BWK 20, nr. 4, 1968, p. 193)

o

Revista „ENERGETICA", organ al Ministerului Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R. S. România (CNIT). Redacţia: Bucureşti, Splaiul Independenţei nr. 49, Sectorul VI, Tel. 136683; 130053. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinete tehnice în contul nostru de virament: nr. 058001 B.N.R.S.R. — Sectorul VI. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri lei 30 anual. Preţul unui exemplar lei 5. — Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „Informaţia", Bucureşti — c. 5519

Taxele poştale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.T. nr. 10/1095, 1967

41 401



IRE

— *Produce, transportă și distribuie* energie electrică în rețele electrice de înaltă, medie și joasă tensiune

— *Execută:*

- verificări de aparate electrice de măsură și control în laboratorul PRAM—IREM
- lucrări de construcții — montaj la electrificări rurale și industriale și instalații interioare
- lucrări de întreținere la iluminatul public
- proiecte de instalații energetice

MUREȘ

str. Elba nr. 3 tel. 5210

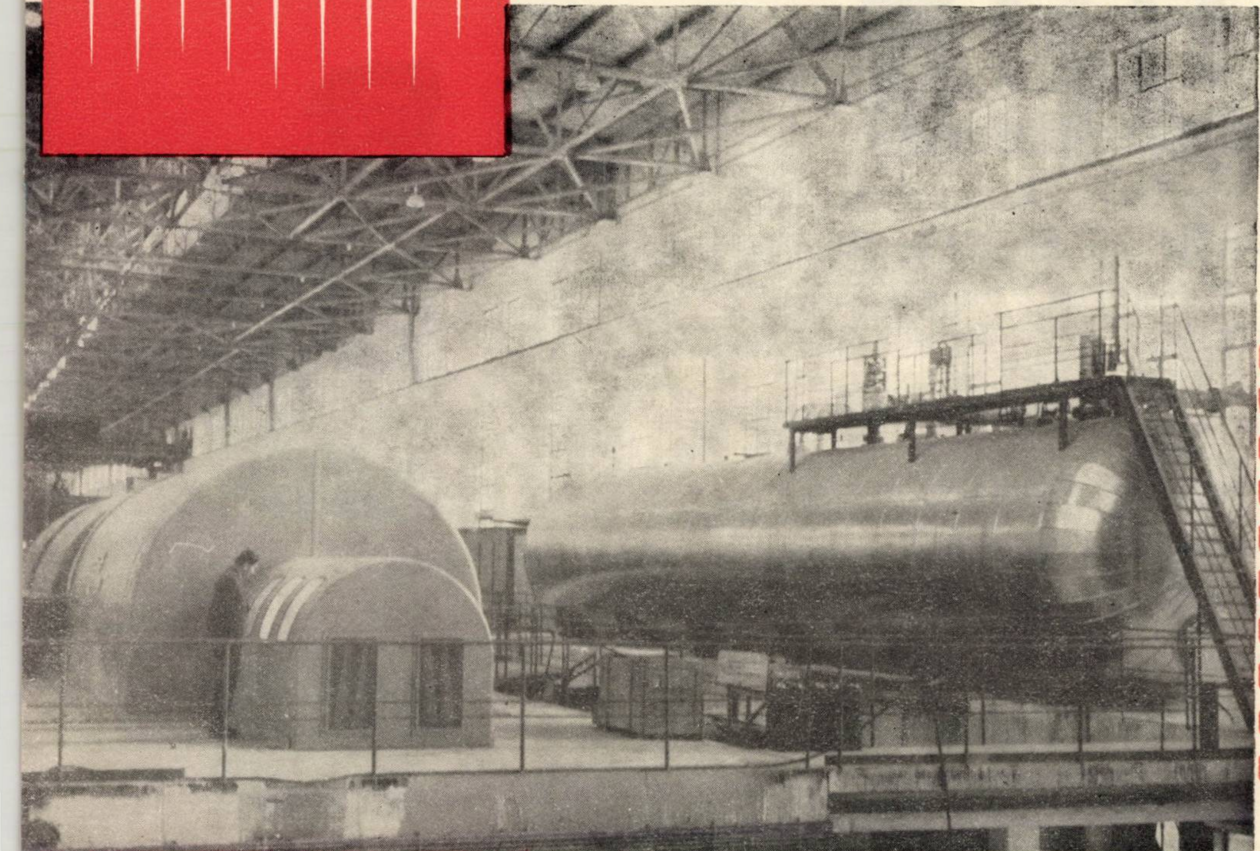
IRE BRAȘOV

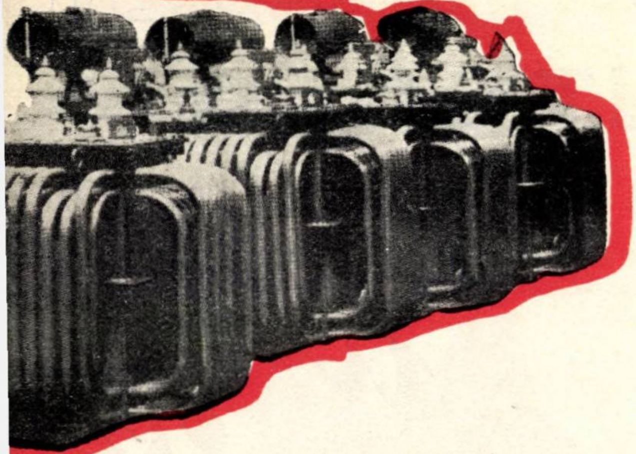
- Exploatează instalații pentru producerea, transportul și distribuția energiei electrice.
- Execută rețele electrice de medie și joasă tensiune, extinderi de rețele, instalații interioare și posturi de transformare.
- Proiectează rețele, posturi și stații de transformare, instalații pentru electrificări rurale, automatizări și modernizări de instalații electrice

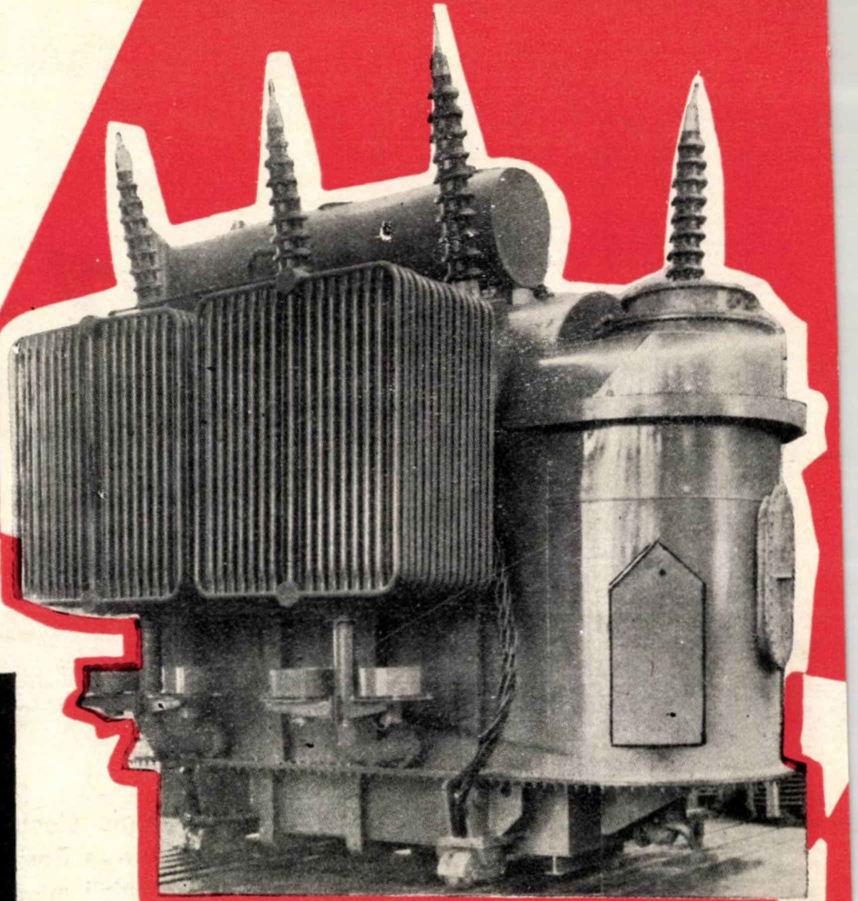
INTREPRINDEREA
CENTRALA
TERMOELECTRICĂ
Steaua roşie
FÎNTÎNELE

produce si furnizează sistemului energetic naţional energie electrică.

ICT „Steaua Roşie" este înzestrată cu instalaţii şi utilaje la nivelul tehnicii mondiale, avansate, producînd şi furnizînd energie electrică în conditii tehnice superioare.







IE
Sibiu

ATELIERELE SECȚIEI DE REPARAT MAȘINI ELECTRICE ALE

ÎNTREPRINDERII DE ELECTRICITATE SIBIU

STR. UZINEI NR. 7, TEL. 14850

● **CONSTRUIESC**

bobine de stingere pentru compensarea rețelelor de 6, 15 și 20 kV

● **REPARĂ ȘI MODERNIZEAZĂ**

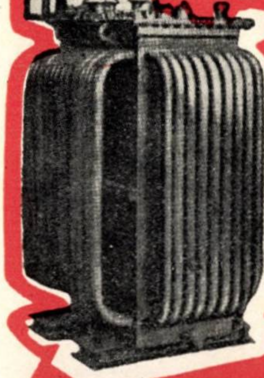
transformatoare de forță pînă la 40 MVA — autotransformatoare

● **RECONDIȚIONEAZĂ**

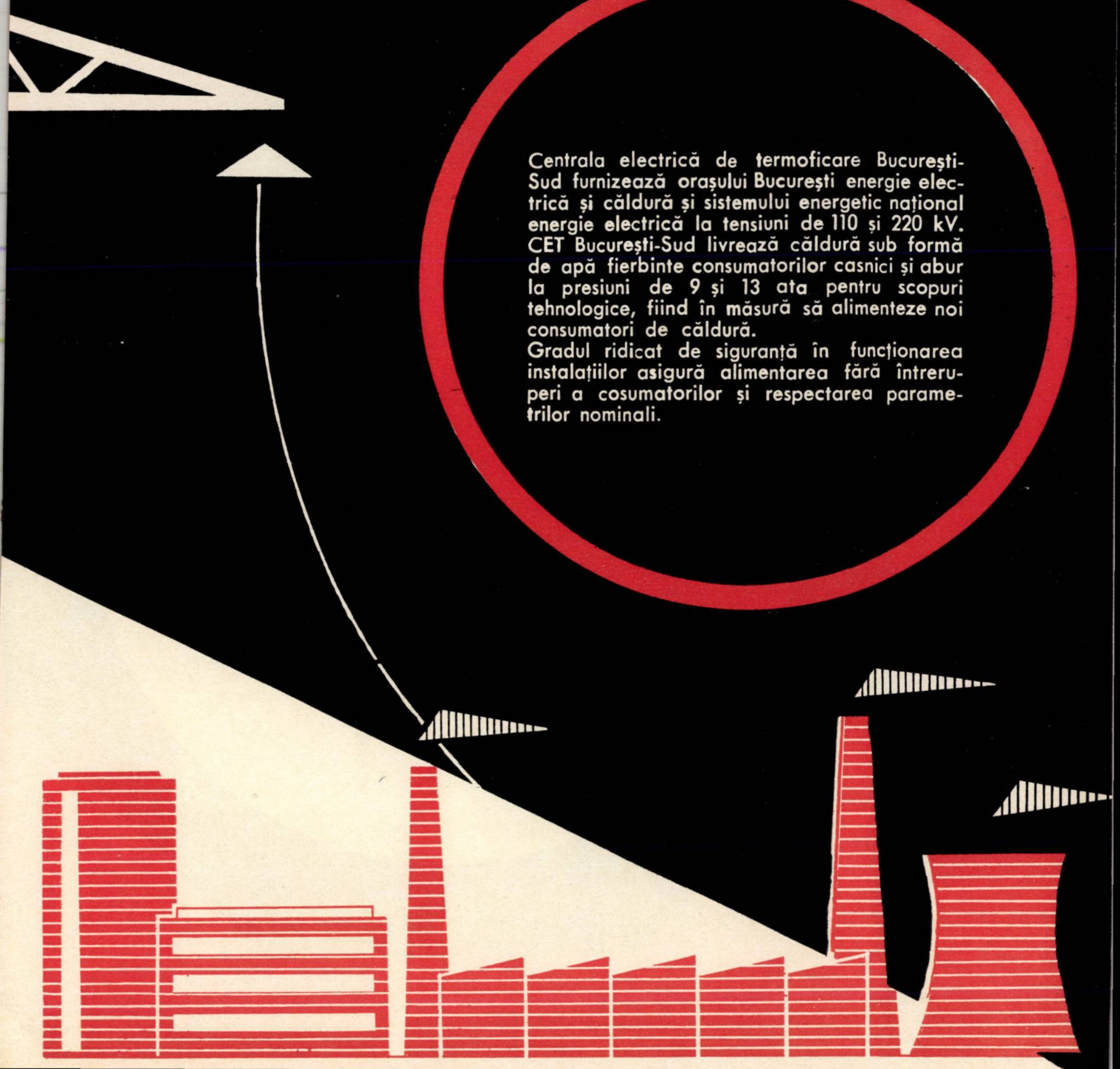
uleiuri de transformator

● **EXECUTĂ ANALIZE COMPLEXE**

de uleiuri izolante



întreprinderea
ELECTROCENTRALE
BUCUREȘTI



Centrala electrică de termoficare București-Sud furnizează orașului București energie electrică și căldură și sistemului energetic național energie electrică la tensiuni de 110 și 220 kV. CET București-Sud livrează căldură sub formă de apă fierbinte consumatorilor casnici și abur la presiuni de 9 și 13 ata pentru scopuri tehnologice, fiind în măsură să alimenteze noi consumatori de căldură.

Gradul ridicat de siguranță în funcționarea instalațiilor asigură alimentarea fără întreruperi a cosumatorilor și respectarea parametrilor nominali.

INTREPRINDEREA ELECTROMONTAJ

CLUJ

Execută

- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuție
- Rețele electrice în cablu subteran pînă la 35 kV
- Stații de transformare 35-400 kV
- Stații de distribuție și posturi de transformare
- Rețele de iluminat public
- Electrificări rurale

ISPE

Tel. 15 89 60

București, Bd. Republicii • nr. 29

elaborează:

- studii de amenajări complexe de sisteme energetice
- studii de centrale electrice de condensație și termoficare
- studii de rețele complexe de termoficare urbană și industrială

acordă asistență tehnică

- pentru stabilirea echipamentului tehnologic la lucrări energetice, execuție și punere în funcțiune

proiectează:

— centrale termoelectrice
— rețele de termoficare

elaborates the studies for:

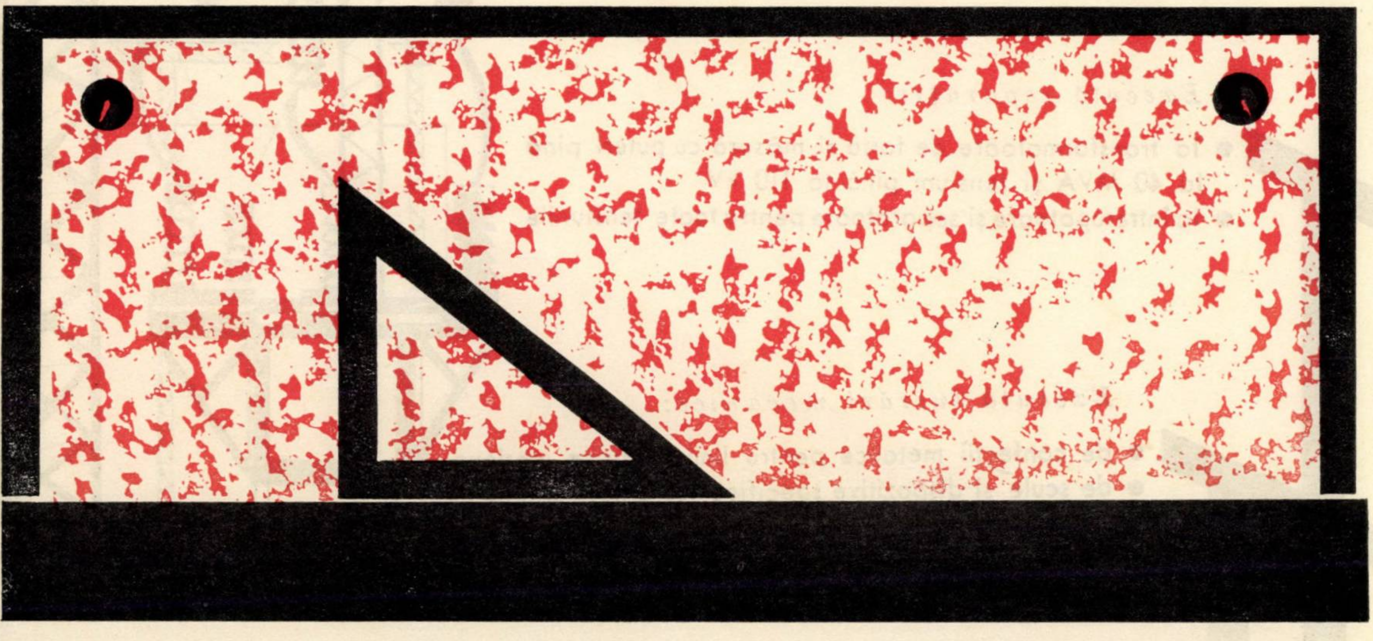
- complex power systems
- thermal power plants and combined heat and power plants
- district and industrial heating networks

designs

- thermal power plants
- district and industrial heating networks

gives technical assistance

- for the erection and starting of power equipment



IRE

BACĂU

STRADA KARL MARX N. 33 ● TELEFON: 1.00.80

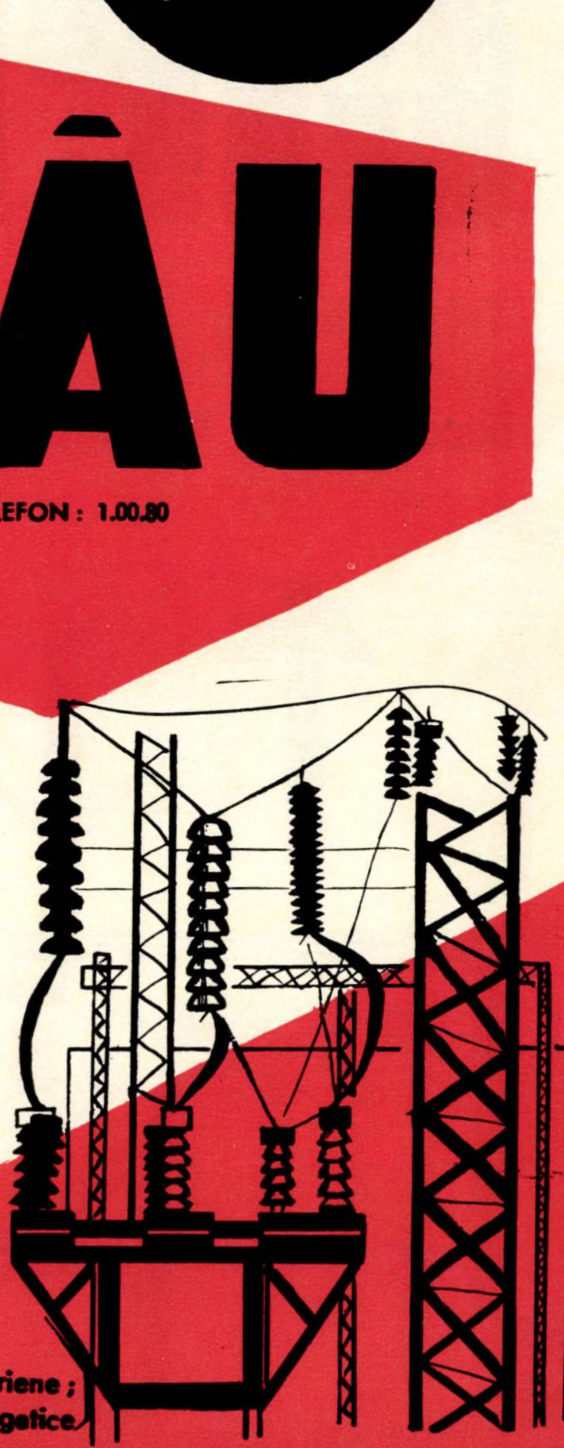
- Transportă și distribuie energie electrică prin rețelele sale, alimentate din sistemul energetic național, asigurînd tuturor consumatorilor de energie electrică o bună deservire.
- Proiectează rețele, stații și posturi de transformare.
- Execută rețele și posturi de transformare, instalații interioare în mediul urban și rural.

Execută reparații:

- la transformatoare de forță și măsură cu puteri pînă la 40 MVA și tensiuni pînă la 110 kV
- la întrerupătoare și separatoare pentru toate tensiunile

Execută lucrări mecanice:

- de confecții metalice pentru linii electrice aeriene;
- de scule și dispozitive specifice lucrărilor energetice



INTREPRINDEREA

DE

ELECTRICITATE

IAȘI

- produce și distribuie energie electrică și termică pentru consumatori industriali și casnici

- proiectează și execută lucrări de construcții-montaj și instalații interioare la consumatori industriali și casnici

IAȘI

Intreprinderea

ELECTROMONTAJ

SIBIU

Execută

- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuție
- Rețele electrice în cablu subteran pînă la 35 kV
- Stații de transformare 35-400 kV
- Stații de distribuție și posturi de transformare
- Rețele de iluminat public
- Electrificări rurale

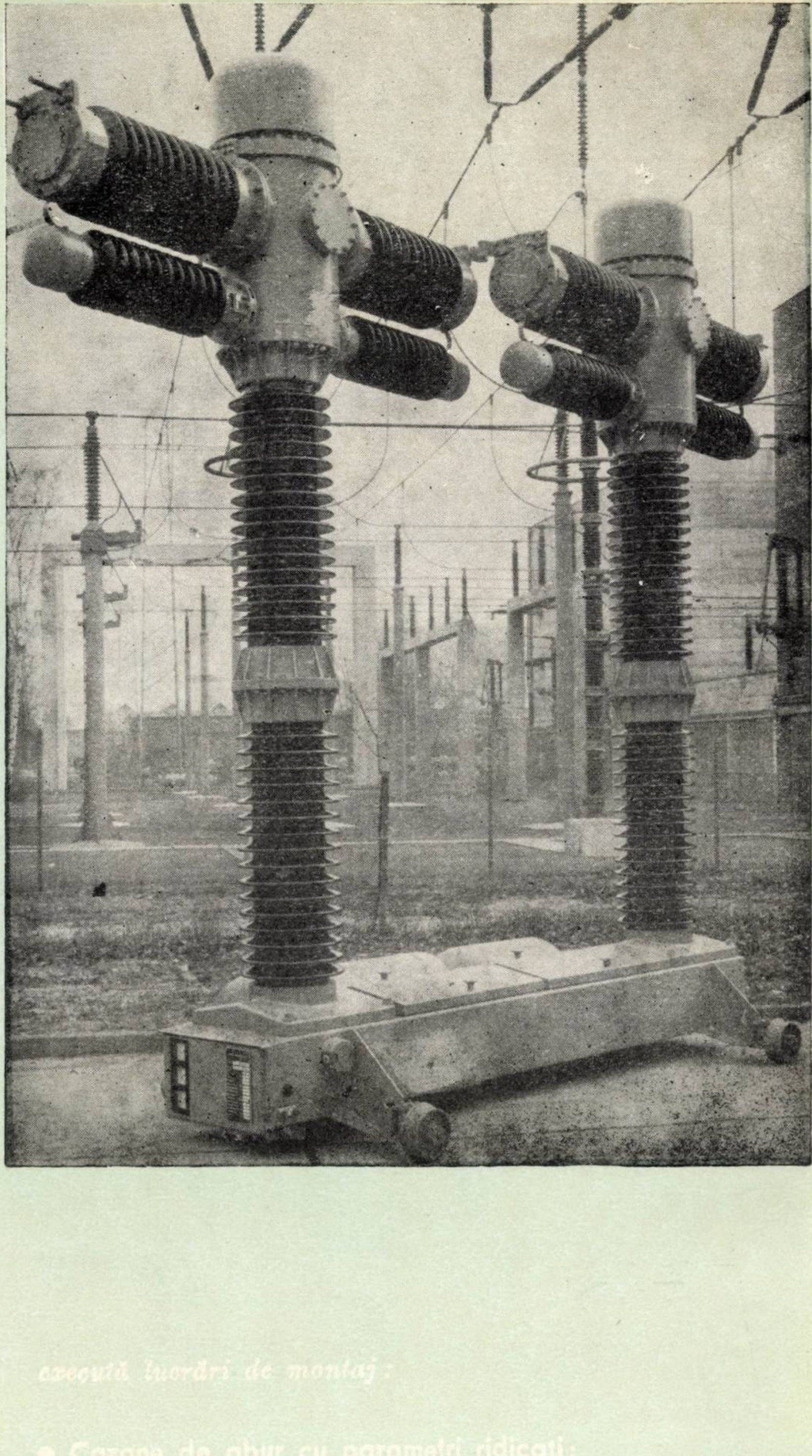
IRE MARAMUREȘ

BAIA MARE STR. VICTORIEI Nr. 64

- produce, transportă și distribuie energie electrică în rețele de înaltă, medie și joasă tensiune.
- proiectează, execută și exploatează:
  - instalații de producere, transport și distribuție a energiei electrice.

intreprinderea

ENERGOMONTAJ



execută lucrări de montaj:

- Cazane de abur cu parametri ridicați:
  - — 500 t abur/h 215 at, 514°C
  - — 640 t abur/h, 140 at, 570°C
- Turbine cu abur de la 6 MW la 315 MW
- Turbine cu gaze
- Turbine hidraulice de la 5,5 MW la 170 MW
- Compensatoare sincrone
- Instalații termomecanice auxiliare ale centralelor termoelectrice și echipament hidromecanic
- Instalații electrice de joasă, înaltă și foarte înaltă tensiune
- Instalații de măsură, control și automatizare

ORSZÁGOS [illegible] KÖNYVTÁR [illegible]

TRUSTUL ELECTROMONTAJ

BUCUREȘTI, CALEA MOȘILOR 158 – TELEFON 16.63.30

Execută prin unitățile sale de construcții:

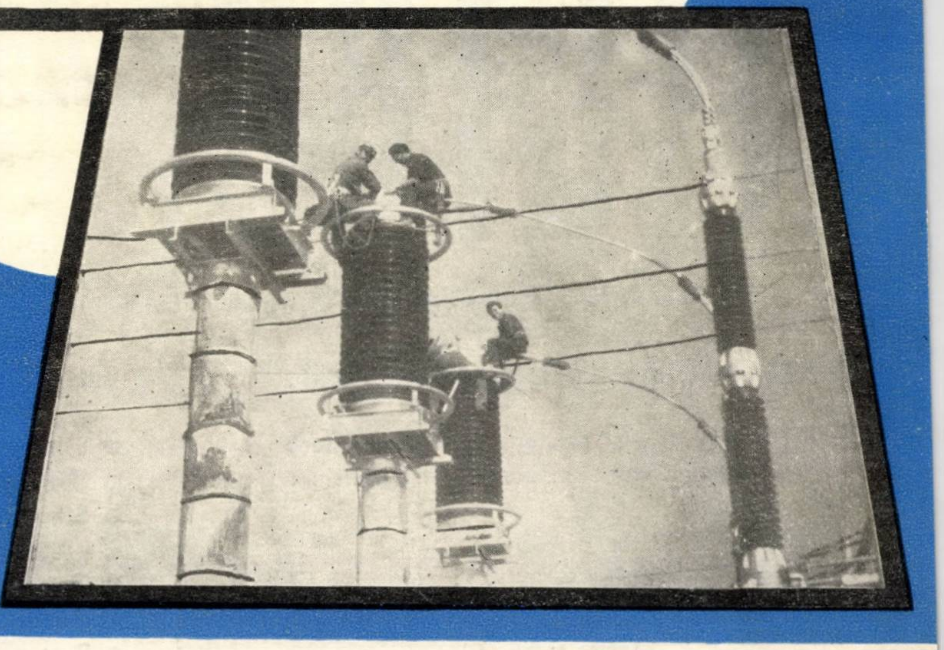
- Stații electrice și posturi de transformare
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuție
- Electrificări rurale

Produce prin unitățile sale industriale:

- Stîlpi metalici
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionați
- Celule și panouri pentru centrale și stații electrice
- Posturi de transformare urbane și rurale complet prefabricate
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, stații, posturi de transformare și linii electrice de transport și distribuție

INTREPRINDEREA
ELECTROMONTAJ
BACĂU

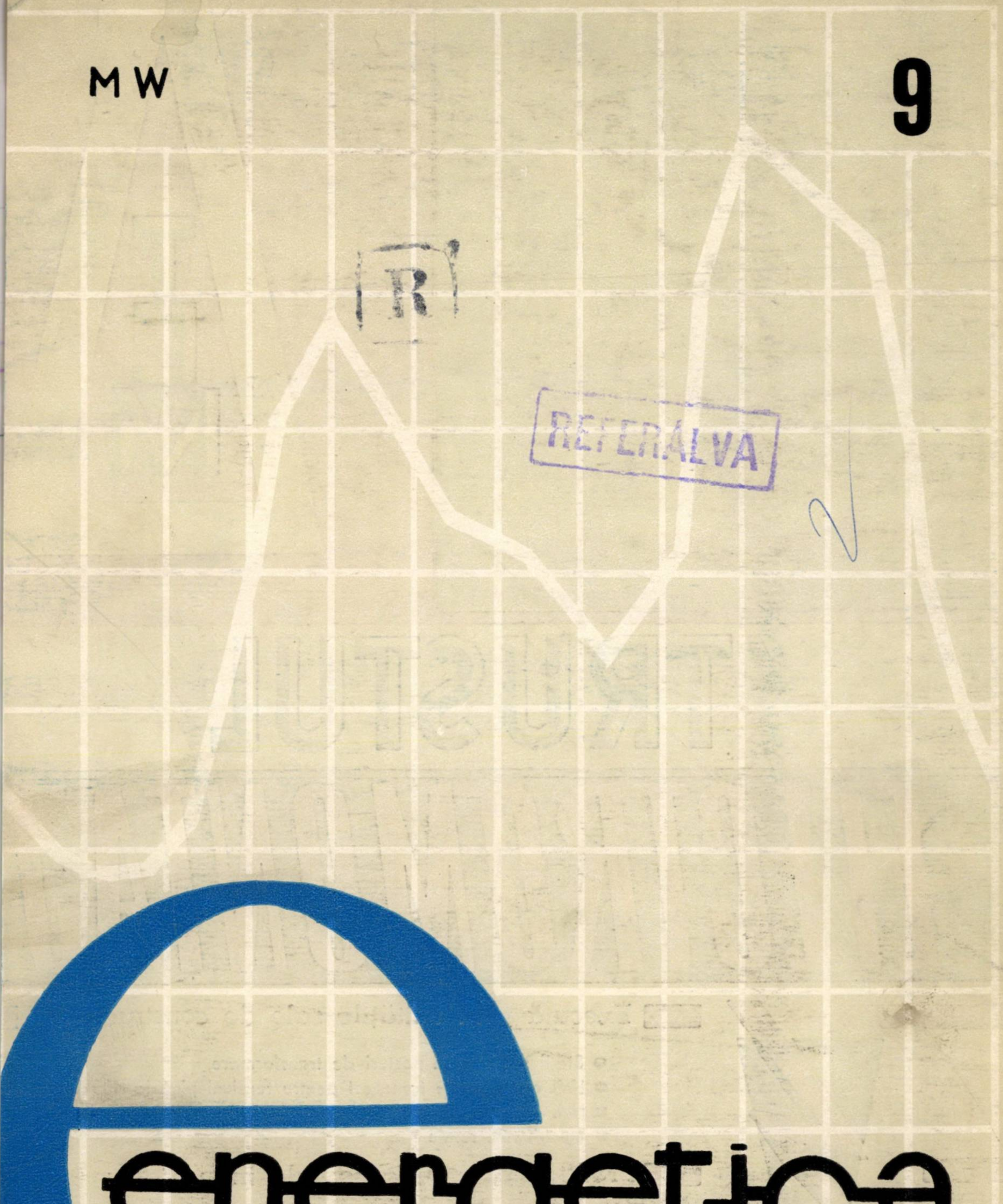
1968 DEC 28



ÎNTREPRINDEREA „ELECTROMONTAJ"-BACĂU
STR, OITUZ NR.34

E 2039

9



R

REFERÁLVA

2

energetica

VOLUMUL XVI
BUCUREȘTI • SEPTEMBRIE 1968

TEM

TRUSTUL

ELECTROMONTAJ

Execută prin unitățile sale de construcții:

- Stații electrice și posturi de transformare
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuție
- Electrificări rurale

Produce prin unitățile sale industriale:

- Stîlpi metalici
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionați
- Celule și panouri pentru centrale și stații electrice
- Posturi de transformare urbane și rurale complet prefabricate
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, stații, posturi transformare și linii electrice de transport și distribuție

BUCUREȘTI, CALEA MOȘILOR 158 – TELEFON 16.63.30

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL
AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 16 Nr. 9 SEPTEMBRIE

ORSZÁGOS MŰSZAKI DOKUMENTÁCIÓS 1968

Cuprinsul

Goldenberg, C., Ionescu, S., Staadecker, M. şi Vlădescu, A.	**Model de programare liniară pentru previziunea dezvoltării centralelor electrice (II)**	385–394
Ungureanu, C. şi Gutmayer, H.	**Aspecte ale arderii combustibililor lichizi grei în focarele cazanelor de abur**	394–402
Stein, M. şi Grigoriu, V.	**Sisteme de comandă şi control pentru partea electrică a centralelor şi staţiilor electrice**	402–408
Mark, D., Simovici, Em. Stoianovici, C., Munteanu, Fl. şi Ionescu, Ad.	**Scheme de comandă, semnalizare şi blocaj cu elemente UNILOG, utilizate în automatizarea centralelor şi staţiilor electrice**	409–414
Vasilescu, P.	**Algoritm general pentru calculul scurtcircuitelor**	414–420
DISCUŢII		
Moţoiu, C.	**Cu privire la articolul „Eficienţa termodinamică a turnurilor de răcire"**	420

TRATAREA APEI ÎN CENTRALELE TERMOELECTRICE

Bibliografie

CRONICĂ

INFORMAŢII TEHNICE

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. ing I. D. STANCESCU, redactor responsabil, ing. G. IORGULESCU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, ing. ST. BERENGHI, conf. ing. A. COGALNICEANU, conf. ing. E. CONSTANTINESCU, ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, laureat al Premiului de Stat, ing. H. FURTUNESCU, ing. L. LUCA, ing. B. MARCU, ing. A. MACRIŞ, conf. ing. C. MIHAILEANU, conf. ing. V. NITU, ing. A. SPINU

**OFICIUL DE DOCUMENTARE ŞI PUBLICAŢII TEHNICE
AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE**

WOFATIT

Tratarea apei în toate ramurile industriale:

Tratarea apei de alimentare a cazanelor, a condensatului şi a apei folosite industrial prin dedurizare, desalinare, curăţire de nisip, fisionarea bicarbonatului de sodiu şi cleionaj (limpezire cu ajutorul cleiului de peşte).
La cererea dv. vă punem la dispoziţie material informatiiv.

VEB FARBENFABRIK WOLFEN

Informaţii ref. la export distribuie:
CHIMIE — EXPORT — IMPORT
R.D.G. — 1055 Berlin, Storkowerstr. 133

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.311.2 : 621-501.1

Гольденберг, К., *Ионеску, С.*, *Штаадекер М.* и *Влэдеску, А.*: **Модель линейного программирования для предусмотрения развития электростанцйй (II)**

Приводятся два применения модели линейного программирования для предусмотрения развития электростанций. Первое применение, LAREX, с 439 переменными и 479 ограничениями, было решено при помощи вычислительной машины ICT — 1905. Второе, REDEX, с 40 переменными и 50 ограничениями, было решено на вычиситеьной машине ЭЛЛИОТТ-4120, посредством применения линейного программирования PROLIS. Полученные результаты в широком диапазоне параметрических расследований подтверждают способ поставки вопроса в математической предложенной модели.

Energetica 16 (1968), No. 9, стр. 385–394

ДК 621.18 : 662.75

Унгуряну, К. и *Гутмайер, Х.*: **Вопросы по сгоранию жидкого тяжелого топлива в топках паровых котлов**

Исходя из того, что в состав энергетических тяжелых топлив входит значительное содержание ванадия, натрия и серы, анализируются способы организации процесса сжигания и устройства котлового агрегата, для избежания или, в крайнем случае, для ограничения коррозии при высоких и низких температурах.

Energetica 16 (1968), No. 9, стр. 394–402

ДК 621.311.2 : 621.311.4 : 621-52

Штейн, М. и *Григориу, В.*: **Контрольно-управительные системы для электрической части электростанций и подстанций**

Приводятся наиболее применяемые в настоящее время решения для осуществления контрольно-управляющих связей а также точки зрения по применению новых решений относительно энергетических установок страны.

Energetica 16 (1968), No. 9, стр. 402–408

ДК 621.311.2 :621.311.4 :2 621-52

Марк, Д., *Симович, Эм.*, *Стоянович, К.*, *Мунтяну, Фл.* и *Ионеску, Аг.*: **Схемы управления, сигнализации и блокировки с элементами „УНИЛОГ", применяемые в автомйтизации электростанций и подстанций**

Впервые осуществляемые в нашей стране, схемы применяются экспериментально на одной из осуществляемых электростанций. Приводятся технические преимущества схем с элементами статистического переключения, отрасль применения и перспективы их внедрения.

Energetica 16 (1968), No. 9, стр. 409–414

ДК 621.3.064.1 : 518.5

Василеску, П.: **Алгорифм для исчисления коротких замыканий**

Energetica 16 (1)68), No. 9, стр. 414–420

ДИСКУССИИ

ХРОНИКА

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.311.2 : 621-501.1

Goldenberg, C., *Ionescu, S.*, *Staadecker, M.* und *Vlădescu, A.*: **Modell linearer Programmierung für Ermittlung der voraussichtlichen Entwicklung elektrischer Kraftwerke (II)**

Es werden zwei Möglichkeiten linearer Programmierungsmodelle für Ermittlung der voraussichtlichen Entwicklung elektrischer Kraftwerke erörtert. Das erste, mit 439 Veränderlichen und 479 Beschränkungen arbeitende Programmierungsverfahren, LAREX, wurde mittels dem Rechner ICT-1905 gelöst. Das zweite, REDEX, bezeichnete Verfahren mit 40 Veränderlichen und 50 Beschränkungen wurde mit Hilfe eines ELIOTT-Recherches Type 4120 unter Zuhilfenahme eines linearen Programmierungskodex PROLIS berechnet. Die für eine breites Band parametrischer Untersuchungen erzielten Ergebnisse bestätigen die Richtigkeit der Fragestellung in Bezug auf das vorgeschlagene mathematische Modell.

Energetica 16 (1968), H. 9, S. 385–394

DK 621.18 : 662.75

Ungureanu, C. und *Gutmayer, H.*: **Einige Fragen der Verbrennung von Schwerölen in Dampfkesselfeuerungen**

Da in Schwerölen, wie sie für Erzeugung elektrischer Energie verfeuert werden, beträchtliche Mengen von Vanadium, Natrium und Schwefel enthalten sind, werden die Möglichkeiten erörtert, den Verbrennungsvorgang und Kesselbau dermassen zu gestalten, um eine Korrosion bei hohen und niederen Temperaturen zu verhindern oder zumindest herabzusetzen.

Energetica 16 (1068), H. 9, S. 394–402

DK 621.311.2 : 621.311.4 : 621-52

Stein, M. und *Grigoriu, V.*: **Steuerungs- und Überwachungssysteme für elektrische Anlagen in Kraftwerken und Umspannwarten**

Es werden gegenwärtig meist gebrauchte Schaltbilder von Steuerungs- und Überwachungsanlagen dargestellt, wobei die Anwendungsmöglichkeiten neuer Schaltbilder in den Kraftanlagen des Landes erörtert werden.

Energetica 16 (1968), H. 9, S. 402–408

DK 621.311.2 : 621.311.4 : 621-52

Mark, D., *Simovici, Em.*, *Stoianovici, C.*, *Munteanu, Fl.* und *Ionescu, Ad.*: **Steuerungs-, Melde-und Sperrschaltbilder mit UNILOG-Bausteinen für Automatisierung von Kraftwerken und Schaltwarten**

Es werden mit zum ersten Male in Rumänien erzeugten UNILOG-Bausteinen gebildete Melde- und Sperrschaltbilder beschrieben, welche Versuchsweise in einem der in Bau befindlichen Kraftwerke zur Anwendung gelangen. Die technischen Vorteile von Schaltbildern mit statischen Schaltelementen, deren Anwendungsbereich und Aussichten werden besprochen.

Energetica 16 (1968), H. 9, S. 409–414

DK 621.3.064.1 : 518.5

Vasilescu, P.: **Algorithmus für Kurzschlussermittlung**

Energetica 16 (1)68), H. 9, S. 414–420

DISKUSSIONEN

CHRONIK

SOMMAIRE

CD 621.311.2 : 621-501.1

Goldenberg C., Ionescu, S., Staadecker, M. et *Vlădescu, A.* : **Modèle de programmation linéaire pour la prévision du développement des centrales électriques (II)**

Les auteurs présentent deux applications du modèle de programmation linéaire pour la prévision du développement des centrales électriques. La première application, LAREX, avec 439 variables et 479 restrictions, a été solutionné à l'aide de l'ordinateur ICT-1905. La seconde, REDEX, avec 40 variables et 50 restrictions a été résolue sur un calculateur ELLIOTT -4120, en employant le code de programmation linéaire PROLIS. Les résultats obtenus, pour une ample gamme d'examens de paramètres, confirment le mode d'introduction du problème dans le modèle mathématique proposé.

Energetica 16 (1968), no. 9, p. 385-394

CD 621.18 : 662.75

Ungureanu, C. et *Gutmayer, H.* : **Quelques problèmes posés par la combustion des fuels lourds dans les foyers des chaudières à vapeur**

Etant donné que la teneur en vanadium, sodium et souffre des fuels lourds est élevée, les auteurs examinent la manière d'organiser la combustion et de construire la chaudière pour éviter ou, dans le plus mauvais cas, limiter la corrosion à haute et basse température.

Energetica 16 (1968), no. 9, p. 394-402

CD 621.311.2 : 621.311.4 : 621-52

Stein, M. et *Grigoriu, V.* : **Systèmes de commande et de contrôle de la partie électrique des centrales et des postes électriques**

Voici les solutions les plus fréquemment utilisées à présent pour les circuits de commande et de contrôle ainsi que certaines considérations sur les conditions d'application des solutions nouvelles dans les installations électriques roumaines.

Energetica 16 (1968), no. 9, p. 402-408

CD 621.311.2 : 621.311.4 : 621-52

Mark, D., Simovici, Em., Stoianovici, C., Munteanu, Fl. et *Ionescu, Ad.* : **Schémas de commande, de signalisation et de bloquage avec éléments UNILOG, employés pour l'automatisation des centrales et des postes électriques**

Description des schémas originaux de signalisation et de bloquage avec éléments UNILOG, réalisés pour la première fois en Roumanie ; application expérimentale des schémas dans l'une des centrales en cours de construction. Avantages techniques, domaine d'application et de perspectives.

Energetica 16 (1968), no. 9, p. 409-414

CD 621.3.064.1 : 518.5

Vasilescu, P. : **Algorithme pour le calcul des court-circuits**

Energetica 16 (1968), no. 9, p. 414-420

DISCUSSIONS

CRONIQUE

INFORMATIONS TECHNIQUES

CONTENTS

DC 621.311.2 :621-501.1

Goldenberg, C., Ionescu, S., Staadecker, M. and *Vlădescu, A.* : **Model of linear programming for forecasting of power plant development (II)**

Two applications of the linear programming model for forecasting of power plant development are presented. The first application, LAREX, with 439 variants and 479 restrictions, was solved with an ICT-1905 computer. The second application, REDEX, was solved with an ELLIOTT-4120 computer, using the linear programming code PROLIS. The obtained results for a large scale of parametric cases confirm the way to pose the problem proposed in the mathematic model.

Energetica 16 (1968), nr. 9, p. 385-394

DC 621.18 : 662.75

Ungureanu, C. and *Gutmayer, H.* : **Some problems raised by the combustion of heavy liquid fuels in the combustion chambers of steam boilers**

As heavy fuels have a high content of vanadium, sodium and sulphur, the authors examine the methods of organising the combustion process and buiding the boiler so as to avoid or, at worst, to limit corrosion at high and low temperature.

Energetica 16 (1968), nr. 9, p. 394-402

DC 621.311.2 : 621.311.4 : 621-52

Stein, M. and *Grigoriu, V.* : **Control systems for the electrical side of power stations and substations**

Some of the solution, mostly used at present, for control circuits as well as considerations upon the conditions of the applications of new systems in Romania's power installations are given in this article.

Energetica 16 (1968), nr. 9, p. 402-408

DC 621.311.2 : 621.311.4 : 621-52

Mark, D., Simovici, Em., Stoianovici, C., Munteanu, Fl. and *Ionescu, Ad.* : **Control, warning and lock-out schemes with UNILOG elements, used for the automatisation of power stations and substations**

A description of original warning and lock-out schemes with UNILOG elements, achieved for the first time in Romania ; the schemes are experimented in a power station now being built. Technical advantages, field of application, prospects.

Energetica 16 (1968), nr. 9, p. 409-414

DC 621.3.064.1 : 518.5

Vasilescu, P. : **Algorithm for the calculation of short circuits**

Energetica 16 (1968) nr. 9. p. 414-420

DISCUSSION

CHRONICAL

TECHNICAL INFORMATIONS

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

Model de programare liniară pentru previziunea dezvoltării centralelor electrice (II)

Verificarea modului de punere a problemei prin aplicații numerice

Ing. C. Goldenberg, ing. S. Ionescu, matematician M. Staadecker și ing. A. Vlădescu *)

Aplicarea modelului propus de previziune a dezvoltării centralelor electrice [1] constituie, după părerea autorilor, calea principală de verificare a valabilității acestuia.

În cele ce urmează sînt descrise două aplicații ale acestui model, care au fost rezolvate : prima, de dimensiuni mari, și o a doua, de dimensiuni mai reduse. Această a doua aplicație, prezentată detaliat în cele ce urmează, deși la o scară mai mică, folosește toate tipurile de restricții evidențiate în articolul menționat și conține o gamă largă de parametrizări.

1. Aplicația LAREX

Prima aplicație, denumită LAREX, (*LARg EX*periment) — cu 439 variabile și 479 restricții — , are ca scop experimentarea stabilirii structurii optime a centralelor electrice din țara noastră, examinînd nivelul unui an din perspectivă. Formulările au fost făcute sub forma necesară accesului la calculatorul ICT-1905 al Direcției Centrale de Statistică, conform codurilor de programare liniară XDL 4 și XDL 8 din biblioteca ICT.

În cadrul aplicației au fost efectuate ample parametrizări în matricea coeficienților, în membrul al doilea și în funcția de eficiență.

Ținînd seamă de modul de organizare a datelor, în tabela 1 sînt prezentate dimensiunile aplicației LAREX.

Experimentarea propusă a condus la concluzii favorabile asupra modului de formulare a modelului de previziune al dezvoltării centralelor pe o problemă la scara 1/1.

2. Aplicația REDEX

A doua aplicație, denumită REDEX (*RED*us *EX*periment) — cu 40 variabile și 50 restricții —, își propune, față de prima, scopuri mai modeste : pentru o aplicație, construită special în scopul verificării modului de punere a problemei și care cuprinde toate tipurile de restricții din cadrul modelului, se urmăresc soluționările în situații în care datele inițiale suferă modificări sensibile.

Rezultatele obținute pot fi stabilite și pe alte căi decît metoda de programare adoptată, putîndu-se constata veridicitatea acestora.

Tabela 1

Dimensiunile aplicației LAREX

Tipul grupei de centrale echivalente	Număr de centrale echivalente	Număr de necunoscute			Număr de restricții		
		strategice	tactice	total	ce definesc necunoscutele	restricții comune (generale)	total
Centrale ,,existente'' și ,,angajate'', din care :	33	—	279	279	286		
— centrale hidroelectrice	3	—	36	36	43		
— centrale termoelectrice de vîrf	4	—	15	15	15		
— centrale de condensație pe gaze	4	—	48	48	48		
— centrale de condensație pe păcură	2	—	24	24	24		
— centrale de condensație pe lignit	4	—	48	48	48		
— centrale de condensație pe huilă	3	—	36	36	36		
— centrale de condensație pe cărbune brun (cu funcționare impusă)	1	—	—	—	—		
— centrale de termoficare cu contrapresiune (cu funcționare impusă)	5	—	—	—	—	—	
— centrale de termoficare cu condensație și prize	7	—	72	72	72		
Centrale ,,noi'', din care :	13	13	147	160	174		
— centrale hidroelectrice de vîrf	2	2	24	26	28		
— centrale hidroelectrice de bază	3	3	36	39	48		
— centrale hidroelectrice pe Dunăre	1	1	12	13	16		
— centrale termoelectrice de vîrf	2	2	15	17	17		
— centrale cu condensație pe păcură	1	1	12	13	13		
— centrale cu condensație pe lignit	2	2	24	26	26		
— centrale cu condensație pe huilă	1	1	12	13	13		
— centrale nucleoaroelectrice	1	1	12	13	13		
Total general	46	13	426	439	460	19	479

Se consideră necesar a se menționa faptul că datele numerice luate în considerare, deși apropiate de cele reale, în cazul de față au doar un caracter de ilustrare a problemei.

Pentru rezolvarea problemei de programare liniară de dimensiunile menționate, la calculatorul ELLIOTT-4120, al Direcției sistemului energetic din M.E.E., a fost utilizat codul PROLIS.

---

*) C. Goldenberg și S. Ionescu sînt ingineri proiectanți șefi la Institutul de studii și proiectări energetice ; M. Staadecker este matematician principal și A. Vlădescu este inginer proiectant la același institut.

2.1. *Codul de programare liniară PROLIS*

2.1.1. Codul PROLIS (*PRO*gramare *LI*niară Simplex), (autor matematician M. Staadecker), foloseşte un algoritm bazat pe metoda simplex în rezolvarea problemelor de forma:

Să se determine componentele $x_1, x_2, \ldots, x_k$ ale vectorului $[x]$, astfel încît să se maximizeze funcţia liniară $z = [c]_t \cdot [x]$ în prezenţa restricţiilor:

$$[a] \cdot [x] \leqslant [b],$$

în care

$$[a] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1k} \\ a_{21} & a_{22} & \ldots & a_{2k} \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ a_{m1} & a_{m2} & \ldots & a_{mk} \end{bmatrix};$$

$$[b] = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ b_m \end{bmatrix}; \quad [c] = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ c_k \end{bmatrix}$$

şi

$$b_i \geqslant 0; \quad x_j \geqslant 0$$

$$i = 1, 2 \ldots m; \quad j = 1, 2, \ldots, k$$

Cu ajutorul programului PROLIS se pot rezolva şi probleme de minimizare a funcţiei z, prin simpla schimbare a semnului componentelor vectorului $[c]$.

Pentru obţinerea bazei iniţiale sînt folosite variabilele de ecart $y_1, y_2, \ldots, y_m$, astfel că restricţiile problemei se transformă în egalităţi de forma:

$$\sum_{h=1}^{k} a_{ih} \cdot x_h + y_i = b_i.$$

În cazul în care restricţia iniţială este de forma:

$$\sum_{h=1}^{k} a_{ih} \cdot x_h = b_i,$$

adică este o egalitate, se foloseşte totuşi variabila de ecart y_i. Aceasta implică introducerea în funcţia de eficienţă z a unui termen

$$- c_{k+i} \cdot y_i,$$

unde c_{k+i} este un număr pozitiv foarte mare. În acest fel, variabila y_i va lua valoarea zero în soluţia optimă.

Dacă există restricţii de forma:

$$\sum_{h=1}^{k} a_{ih} \cdot x_h \geqslant b_i,$$

acestea se transformă în egalităţi prin introducerea, în afara variabilei de ecart y_i, a variabilei u_s, astfel că se obţine relaţia:

$$\sum_{h=1}^{k} a_{ih} x_h - u_s + y_i = b_i.$$

Se notează cu p numărul de restricţii care necesită introducerea variabilelor de tipul u_s.

Codul PROLIS permite rezolvarea problemelor de programare liniară ale căror dimensiuni satisfac următoarele condiţii:

$$(m + k + p) \cdot m \leqslant 13\,000$$

$$m \leqslant 100$$

$$k + p \leqslant 125$$

2.1.2. Codul PROLIS cuprinde trei părţi:

Prima parte are ca scop introducerea în memoria calculatorului a datelor, şi anume: se introduc numai termenii $a_{ij} \neq 0$, toţi termenii b_i şi termenii $c_j \neq 0$. Aceeaşi parte a programului permite modificarea oricăror date a_{ij}, b_i sau c_j din memoria calculatorului, modificări necesare în studiile parametrice.

Partea a doua a programului constă în aplicarea metodei simplex pentru determinarea soluţiei optime, finită sau nu. În operaţiile de eliminare specifice metodei simplex, programul ţine seamă de existenţa elementelor $a_{ij} = 0$. Astfel, se măreşte simţitor viteza de calcul.

Partea a treia a programului are ca scop extragerea din calculator a următoarelor informaţii (în cazul unei soluţii finite):

— numărul iteraţiilor efectuate pentru obţinerea soluţiei optime;

— indicii vectorilor din soluţia de bază optimală;

— valorile corespunzătoare ale variabilelor, precum şi valoarea funcţiei de eficienţă pentru soluţia optimă obţinută.

Calculul unei variante care diferă numai prin valorile unor coeficienţi c_j ai funcţiei de eficienţă se poate efectua folosind soluţia de bază optimală obţinută anterior.

2.1.3. Programul este scris în limbajul de asamblare (NEAT) al calculatorului ELLIOTT 4120.

Performanţele programului în cazul aplicaţiei REDEX ($m = 50$, $k = 40$, $p = 24$) au fost următoarele:

— durata de introducere a datelor în calculator: 15 secunde;

— durata calculului (51 iteraţii): 1 minut şi 30 secunde;

— durata extragerii rezultatelor : 15 secunde ;

— precizia a fost de 7 cifre semnificative ;

— durata calculului pentru o variantă ce diferă de cea anterioară numai prin modificarea parametrică a unuia din coeficienţii funcţiei de eficienţă a fost în medie de 4 secunde (două iteraţii suplimentare).

2.2. *Datele problemei REDEX*

2.2.1. Necesităţile de putere, la nivelul unui an viitor examinat (exclusiv consumul serviciilor interne ale centralelor electrice), prezintă un maximum de 4200 MW. Valoarea admisă pentru puterea de rezervă la vîrf este 700 MW.

Consumul anual de energie electrică (de asemenea, necuprinzînd cel pentru serviciile interne) este de 25 730 GWh (corespunzător duratei de utilizare anuală a puterii maxime de vîrf de 5650 ore) şi este reprezentat prin patru paliere ale curbei de sarcină idealizate, evidenţiate în tabela 2.

Tabela 2

Palierul	Caracterul treptei de putere	Energia anuală pe palier, GWh	Durata palierului, h
A	Seara	4 806	1 335
B	Dimineaţa	5 166	1 752
C	Ziua	4 651	1 661
D	Noaptea şi zile de repaus	9 107	4 012
Total		23 730	8 760

Puterea minimă de noapte (din zilele lucrătoare) este de 2100 MW.

Aplicaţia propusă, dat fiind numărul mare de parametrizări efectuate, este prezentată numai pentru nivelul unui singur an viitor. Problemele principale, în cazul integrării centralelor noi în cadrul unui program, sînt, pentru fiecare din anii perioadei, aceleaşi ca cele pentru anul detaliat.

2.2.2. Sistemul considerat în această aplicaţie dispune în prezent de trei centrale electrice, totalizînd o putere instalată de 1000 MW : o centrală hidroelectrică de vîrf de 200 MW şi două centrale de condensaţie de 4 ×100 MW, una pe gaze şi cealaltă pe cărbune. Aceste centrale existente sînt presupuse a fi păstrate şi în viitor.

Din analiză rezultă ca posibil a fi realizate şase categorii de centrale electrice noi : centrale hidroelectrice de vîrf cu o putere instalată de 1000 MW, centrale cu turbine cu gaze totalizînd 1000 MW şi centrale termoelectrice de condensaţie cu puteri totale de 4200 MW echipate cu agregate de 200 MW sau 300 MW şi avînd drept combustibil păcură sau cărbune. Puterile evidenţiate pentru centralele noi reprezintă puterile-limită pe fiecare din categoriile de centrale considerate. Pentru identificare, centralele existente (1 ... 3) şi grupele de centrale noi (4 ... 9) au fost numerotate (de la 1 pînă la 9). Datele tehnice şi economice ale acestora sînt prezentate în tabela 2, pentru ipoteza considerată „pivot”.

2.2.3. Cantitatea anuală de cărbune care trebuie consumată obligatoriu este în ipoteza pivot ... 3420 mii tc.c. În cadrul parametrizărilor efectuate se mai iau în considerare şi alte valori pentru B_i (v. relaţia (11) din [1]), şi anume :

... 2400 mii t c.c.

... 4400 mii t c.c.

2.2.4. Disponibilul anual total de combustibil clasic, B (v. relaţia (12) din [1]), — ca şi B_i, presupus rezultat din optimizarea bilanţului energetic general — este în ipoteza pivot ... 8100 mii t c.c.

Pentru parametrizări se mai iau în considerare valorile lui B

... 7700 mii t c.c.

... 8600 mii t c.c.

2.2.5. Se apreciază ca interesantă efectuarea unor parametrizări referitoare la investiţia specifică a centralelor hidroelectrice noi (grupa de centrale 4) în limitele 6000 ... 10 000 lei/kW (şi anume pentru valorile 600, 6100, 6200, 6300, 6400, 6500, 7000, 7500, 8500 şi 10 000) în situaţiile în care nivelele disponibilităţilor totale de combustibil clasic sînt, pe rînd, cele de la § 2.2.4.

2.3. *Soluţionările solicitate*

Se doreşte stabilirea deciziilor referitoare la centralele noi, în sensul precizării cotelor de putere care trebuie instalate din grupele de centrale posibile în condiţiile obţinerii optimului de ansamblu (prin valorile care urmează a fi obţinute atît pentru necunoscutele strategice — care se referă la grupele de centrale 4 ... 9 — , cît şi pentru cele tactice — referitoare la toate centralele 1 ... 9).

În condiţiile parametrizărilor efectuate, ipotezele referitoare la datele iniţiale pot fi grupate după cum urmează :

— *Grupa de parametrizări „a”*, referitoare la variaţia cantităţii anuale de cărbune care tre-

Tabela 3

Date tehnice și economice ale centralelor electrice existente și noi (posibilități)

Numerotarea centralei	Notație	U. M.	Centrale existente					Centrale noi (posibilități)			
			Hidro vîrf	CTE pe gaze	CTE pe cărbune	Hidro vîrf	Centrale cu turbine cu gaze	CTE pe păcură		CTE pe cărbune	
A. *Date tehnice*											
Putere instalată	P_m	MW	200	400	400	1 000	1 000	4 200	4 200	4 200	4 200
Număr de grupuri	Z_m			4	4		20	21	14	21	14
Coeficientul de reparații	r_m		0,01	0,088	0,117	0,01	0,15	0,093	0,093	0,117	0,117
Probabilitatea de avarie	q_m			0,04	0,04		0,06	0,04	0,04	0,04	0,04
Coeficientul puterii efectiv disponibile	β_m		0,92	1	1	0,95	1	1	1	1	1
Consumul serviciilor interne	ε_m		0,005	0,061	0,09	0,005	0,05	0,055	0,050	0,065	0,060
Energia livrabilă anual	$E_m^{\Sigma\mu}$	GWh	400			2 000					
Factor corecție combustibil	k_m			1,06	1,07		1,07	1,06	1,06	1,07	1,07
Consum mers în gol	a_m	10^3t c.c./h		0,0026	0,0028		0,00625	0,0049	0,0055	0,0050	0,0067
Creștere relativă	b_m	t c.c./MWh		0,291	0,310		0,337	0,282	0,275	0,298	0,288
Coeficient sarcină minimă	α_m^{min}			0,400	0,600		0,25	0,400	0,400	0,470	0,470
Domeniul de variație al sarcinii	$\beta_m-\alpha_m^{min}$			0,600	0,400		0,75	0,600	0,600	0,530	0,530
B. *Date economice*											
Investiția specifică a centralei	i_m	$\frac{\text{mil. lei}}{\text{GW}}$				6 000	2 400	2 700	2 500	3 800	3 550
Parametru referitor la l_m	π_m					1 ... 1,67	1	1	1	1	1
Costul combustibilului clasic	c_k	$\frac{\text{mil. lei}}{10^3\ \text{t c.c.}}$		0,400	0,400		0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Parametru referitor la c_k	π_k			1	1		1	1	1	1	1
Investiția specifică pentru asigurarea combustibilului	i_k	$\frac{\text{mil. lei/an}}{10^3\ \text{t c.c.}}$		0,990	0,990		0,990	0,990	0,990	0,990	0,990
Parametru referitor la i_k^c	ρ_k			1	1		1	1	1	1	1
Coeficient de stabilire a cheltuielilor fixe	ν_m					0,029	0,085	0,078	0,076	0,078	0,076

buie consumată obligatoriu. Aceasta cuprinde ipotezele din tabela 4.

Tabela 4

Ipoteza	*I* (pivot)	*I′*	*I″*
Cantitatea de cărbune care trebuie consumată obligatoriu	3 420 mii t c.c	2400 mii t c.c.	4400 mii t c.c.
Disponibilul total de combustibil clasic	8100 mii t c.c.	Ca în ipoteza *I*	Ca în ipoteza *I*
Datele tehnice și economice ale centralelor	Conform tabelei 3	Conform tabelei 3	Conform tabelei 3

— *Grupa de parametrizări „b”*, referitoare la variaţia investiţiei pentru centralele hidroelectrice noi (grupa de centrale 4), în condiţiile modificării disponibilului anual total de combustibil clasic. Aceasta cuprinde ipotezele din tabela 5.

Tabela 5

Ipoteza	*I* (pivot)	I_4	$I_4^{(I)}$	$I_4^{(II)}$
Disponibilul total de combustibil clasic	8 100 mii t c.c.	Ca în ipoteza *I*	7 700	8 600
Cantitatea de cărbune care trebuie consumată obligatoriu	3 420 mii t c.c.	Ca în ipoteza *I*	Ca în ipoteza *I*	Ca în ipoteza *I*
Datele tehnice și economice ale centralelor	Conform tabelei 2	Conform tabelei 2, exceptînd investiția specifică pentru grupa de centrale 4, pentru care se studiază variația în limitele $i_4 \geqslant 6000 \frac{\text{lei}}{\text{kW}}$ $i_4 \leqslant 10\,000 \frac{\text{lei}}{\text{kW}}$	Ca în ipoteza I_4	Ca în ipoteza I_4

2.4. *Rezultate obţinute*

Formularea ca problemă de programare liniară a fost făcută ţinîndu-se seamă de tipurile de restricţii şi în funcţie de eficienţă, arătate în articolul anterior [1].

Necunoscutele strategice sînt exprimate prin ξ_m (unde $m = 1, 2, \ldots, 9$). Necunoscutele tactice sînt exprimate prin α_m^μ, deduse din variabilele care intervin în model λ_m^μ şi Λ_m^μ, prin relaţiile :

— pentru centralele existente

$$\alpha_m^\mu = \lambda_m^\mu + \alpha_m^{min},$$

— pentru centralele noi

$$\alpha_m^\mu = \frac{\Lambda_m^\mu}{\xi_m} + \alpha_m^{min},$$

unde $m = 1, 2, \ldots, 9$ şi $\mu = A, B, C, D$, reprezentînd cele patru paliere considerate.

2.4.1. Ipoteza pivot *I*. Soluţia optimă obţinută este prezentată în tabelele 6 şi 7.

Asupra rezultatelor obţinute sînt de făcut următoarele constatări principale :

— dintre grupele de centrale noi posibile sînt alese : centralele hidroelectrice de vîrf 4 (integral) şi parţial centralele termoelectrice de condensaţie cu grupuri de 300 MW pe păcură şi cărbune 7 şi 9 ;

— centralele noi pe cărbune 9 sînt alese ca putere în aşa fel încît ca, pe de o parte, acestea, împreună cu centrala existentă pe cărbune 3, să consume integral disponibilităţile obligatorii de cărbune, iar pe de alta — dat fiind că centralele 9 sînt scumpe — puterea lor să fie minimă posibilă în condiţiile respectării tuturor restricţiilor. În aceste condiţii, rezultă că agregatele din centralele 3 şi 9 sînt încărcate in-

Tabela 6

Valorile necunoscutelor strategice în ipoteza *I*

Numerotarea centralei (*m*)	Tipul centralei	Necunoscutele strategice ξ_m	Puterea instalată $\xi_m \cdot P_m$ MW
4	CHE de vîrf	1,0000	$1{,}0000 \cdot 1\,000 = 1\,000$
7	CTE pe păcură gr. 300 MW	0,5358	$0{,}5358 \cdot 4\,200 \approx 2\,250$
9	CTE pe cărbune gr. 300 MW	0,2265	$0{,}2265 \cdot 4\,200 \approx 950$

Tabela 7

Valorile necunoscutelor tactice în ipoteza *I*

Numerotarea centralei (*m*)	Tipul centralei	Puterea instalată, MW	Raportul dintre sarcina minimă și cea nominală α_m^{min}	Necunoscutele tactice (încărcarea agregatelor) α_m^{μ} (unde $\mu = A, B, C, D$)			
				A	*B*	*C*	*D*
1	CHE de vîrf	200	0	0,9200	0,4521	0	0
2	CTE pe gaze gr. 100 MW	400	0,4000	0,4000	0,4000	0,400	0,400
3	CTE pe cărb. gr. 100 MW	400	0,6000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
4	CHE de vîrf	1 000	0	0,9500	0,4292	0	0
7	CTE pe păcură gr. 300 MW	2 250	0,4000	0,6860	0,6640	0,8640	0,576
9	CTE pe cărbune gr. 300 MW	950	0,4700	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Valoarea funcției de eficiență ... Z=5551,27 mil. lei/an.

tegral ($\alpha_m^{\mu} = 1$) pe toate palierele curbei de sarcină;

— centralele hidroelectrice de vîrf 1 și 4 rezultă încărcate la limita maximă în palierul *A* (seara), restul energiei livrabile a acestor centrale fiind plasat în palierul *B* (dimineața);

— încărcarea celorlalte centrale (repartiția optimă a sarcinii) — care nu sînt condiționate de consumarea obligatorie a unei cantități de combustibil — se face în ordinea creșterilor relative ale consumului de căldură; centrala 2 este încărcată la sarcina minimă, iar centrala 7 produce diferențele de energie, ținînd seamă și de aportul celor două centrale hidroelectrice 1 și 4.

2.4.2. *Grupa de parametrizări „a"*. În această grupă de parametrizări, valorile datelor inițiale sînt aceleași ca în ipoteza *I* (pivot), cu excepția cantităților anuale de cărbune care sînt mai mici decît cele din ipoteza pivot, 2400 mii t c.c. (în *I'*), respectiv mai mari, 4400 mii t c.c. (în *I''*).

Soluționările optime obținute sînt prezentate grafic în figura 1, punîndu-se în evidență valorile necunoscutelor strategice și tactice și ale funcției de eficiență.

În tabela 8 se prezintă valorile relative și absolute ale necunoscutelor strategice în ipotezele studiate.

— Valorile funcției de eficiență sînt:

— în ipoteza *I'* ... *Z* = 5436,20 mil.lei/an

— în ipoteza *I* (pivot) ... *Z* = 5551,27 mil. lei/an

— în ipoteza *I''* ... *Z* = 5661,81 mil. lei/an

Din examinarea rezultatelor prezentate în figura 1 se desprind în principal următoarele observații:

— centralele alese din grupele posibile sînt aceleași, ca tipuri, ca în ipoteza pivot; centrala hidroelectrică 4 este aleasă cu aceeași putere în ipotezele studiate, dar puterea centralelor pe păcură 7 sau pe cărbune 9 variază. Puterea acesteia din urmă este în directă dependență de cantitatea de cărbune B_i;

— ca și în cazul ipotezei pivot (*I*) și în celelalte ipoteze studiate, agregatele centralelor pe cărbune 3 și 9 sînt încărcate la maximum pe toate palierele curbei de sarcină;

— încărcarea celorlalte centrale, indicată prin valorile necunoscutelor strategice, se păstrează ca în ipoteza *I*, cu excepția încărcărilor care rezultă pentru centrala pe păcură 7; valorile necunoscutelor tactice pentru această centrală

Tabela 8

Valorile necunoscutelor strategice în grupa de parametrizări „a"

Numerotarea centralei (*m*)	Tipul centralei	Ipoteza					
		I'		*I* (pivot)		*I''*	
		Necunoscutele strategice ξ_m	Puterea instalată $\xi_m P_m$, MW	Necunoscutele strategice ξ_m	Puterea instalată $\xi_m P_m$, MW	Necunoscutele strategice ξ_m	Puterea instalată $\xi_m P_m$, MW
4	CHE de vîrf	1,0000	1 000	1,0000	1 000	1,0000	1 000
7	CTE pe păcură gr. 300 MW	0,6333	2 660	0,5358	2 250	0,4422	1 860
9	CTE pe cărbune gr. 300 MW	0,1280	537	0,2265	950	0,3212	1 350

scad, pe toate palierele, o dată cu creşterea cantităţilor de cărbune care trebuie consumate.

2.4.3. *Grupa de parametrizări „b"*. Pentru toate ipotezele cuprinse în această grupă de parametrizări investiţia specifică în grupa de centrale hidroelectrice noi variază de la 6 000 lei/kW pînă la 10 000 lei/kW ; valorile datelor iniţiale (exceptînd valoarea investiţiei specifice evidenţiate) sînt în ipoteza I_4 aceleaşi ca în ipoteza I (pivot). În celelalte ipoteze studiate au fost luate în considerare disponibilităţi anuale totale de combustibil clasic mai mici decît în ipoteza pivot, 7700 mii t c.c. (în I_4^{I}), respectiv mai mari, 8600 mii t c.c. (în I_4^{II}).

Soluţionările optime obţinute sînt prezentate grafic în figura 2, punîndu-se în evidenţă valorile necunoscutelor strategice şi tactice şi ale funcţiei de eficienţă.

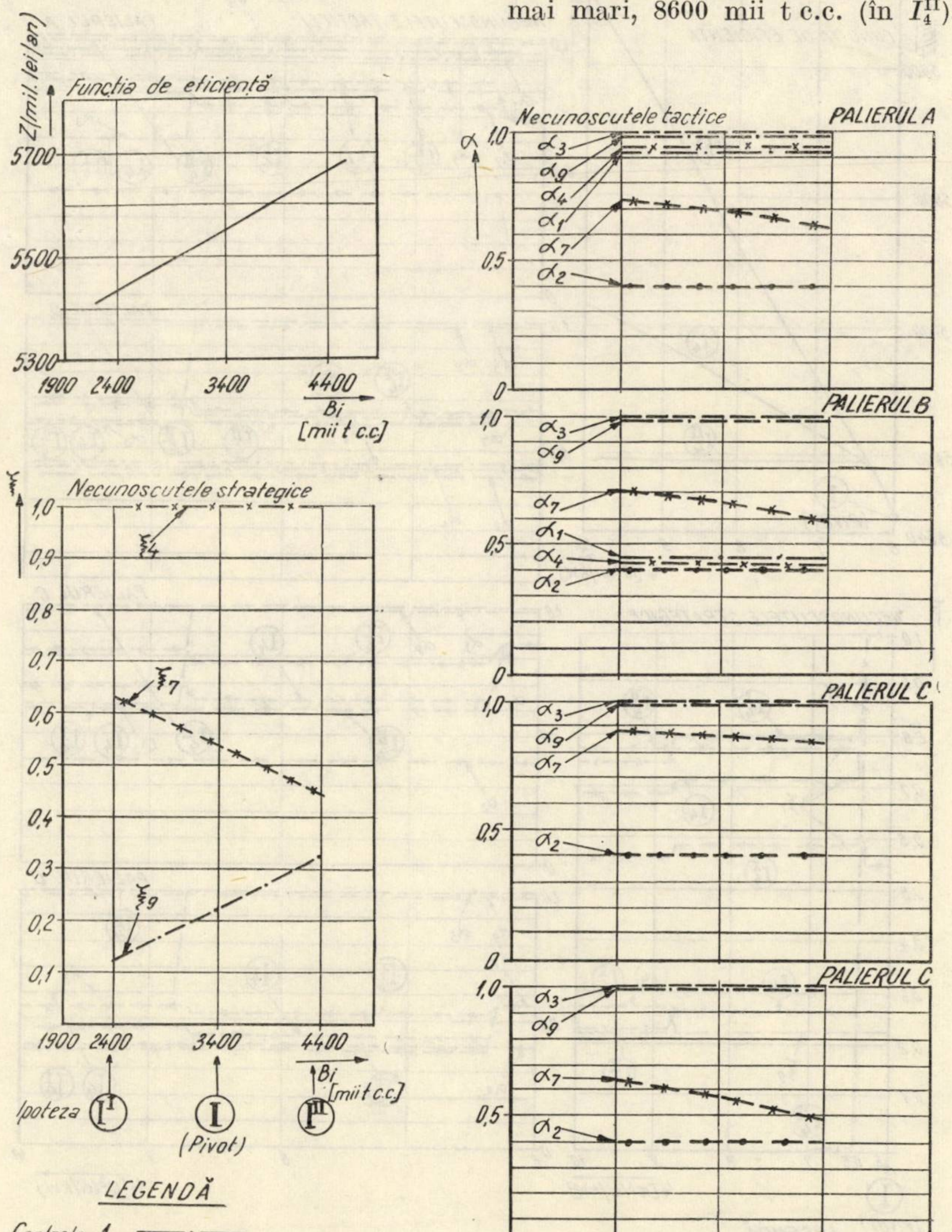


Fig. 1. Soluţionările optime pentru grupa de parametrizări „a".

În tabela 9 se prezintă valorile relative și absolute ale necunoscutelor strategice în ipotezele studiate.

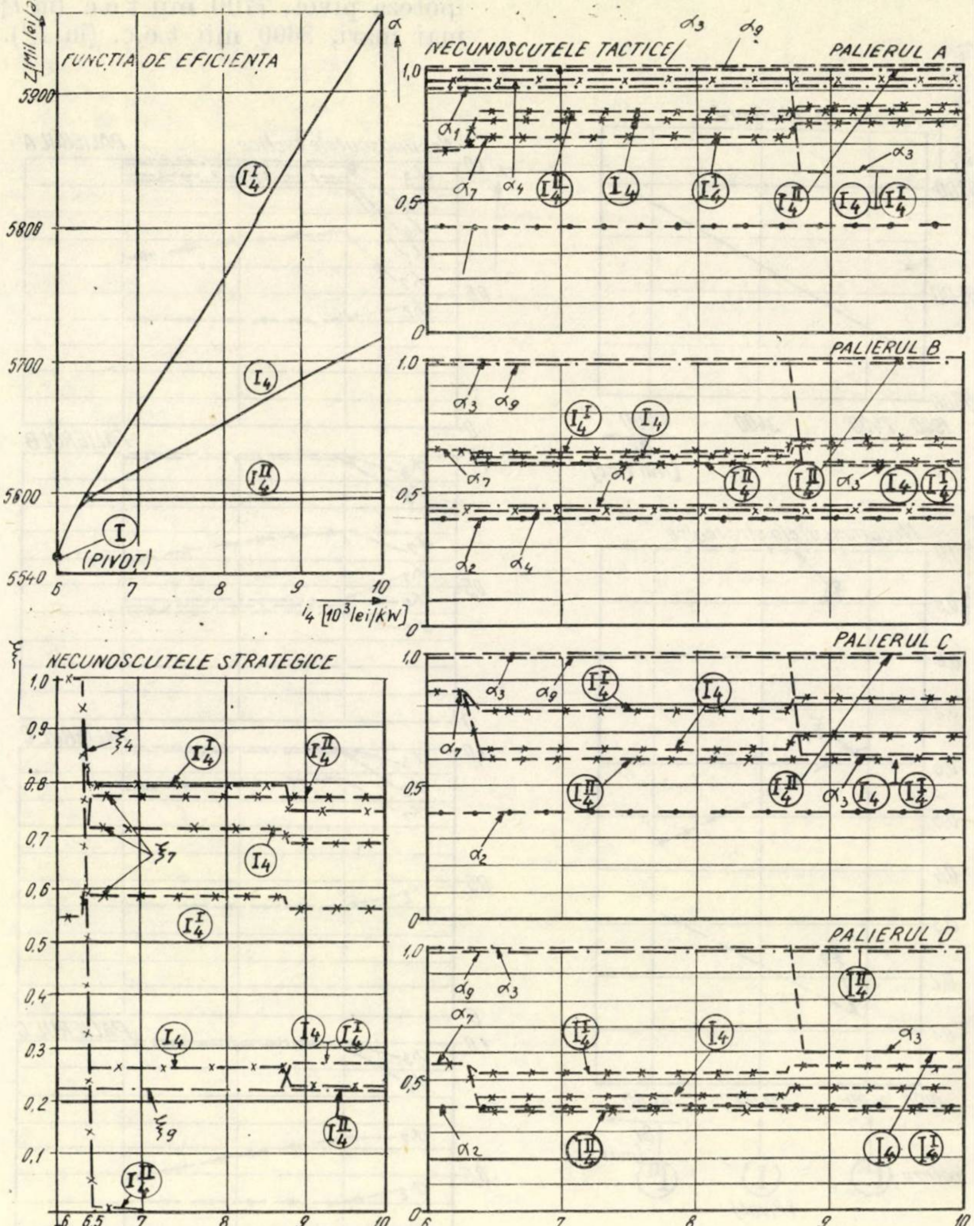


Fig. 2. Soluţionările optime pentru grupa de parametrizări ,,b''.

Valorile funcţiei de eficienţă, pentru 6000 $\leqslant i_4 \leqslant$ 10 000 lei/kW, se plasează în limite relativ mari, şi anume :

— în ipoteza I_4 Z=5551,27. . .5712,55 mil.lei/an

— în ipoteza I_4^{I} Z=5551,27. . .5960,84 mil.lei/an

— în ipoteza I_4^{II} Z=5551,27. . .5594,95mil.lei/an.

Rezultatele obţinute, evidenţiate în tabela 9 şi în figura 2, permit unele constatări, dintre care cele principale sînt :

— Centralele alese din grupele posibile sînt aceleași, ca tipuri, ca în ipoteza pivot.

— Pentru investiția specifică în grupa de centrale hidroelectrice noi cu valori mai mici de 6300 lei/kW, indiferent de ipoteza studiată (I_4, I_4^I, I_4^{II}), soluția coincide cu cea din ipoteza pivot.

Tabela 9

Valorile necunoscutelor strategice în grupa de parametrizări ,,b''

Numerotarea centralei	Tipul centralei	$i_4 = 6000 \ldots 6300$ lei/kW		$i_4 = 6400 \ldots 8700$ lei/kW		$i_4 = 8800 \ldots 10\,000$ lei/kW	
		Necunoscutele strategice ξ_m	Puterea instalată $\xi_m P_m$ MW	Necunoscutele strategice ξ_m	Puterea instalată $\xi_m P_m$ MW	Necunoscutele strategice ξ_m	Puterea instalată $\xi_m P_m$, MW
	Ipoteza I_4						
4	CHE de vîrf	1,0000	1 000	0,2657	266	0,2209	221
7	CTE pe păcură gr. 300 MW	0,5358	2 250	0,7097	2 890	0,6827	2 870
9	CTE pe cărbune gr. 300 MW	0,2265	950	0,2265	950	0,2645	1 120
	Ipoteza I_4^I						
4	CHE de vîrf	1,0000	1 000	0,7913	791	0,7465	747
7	CTE pe păcură gr. 300 MW	0,5358	2 250	0,5852	2 460	0,5581	2 350
9	CTE pe cărbune gr. 300 MW	0,2265	950	0,2265	950	0,2645	1 110
	Ipoteza I_4^{II}						
4	CHE de vîrf	1,000	1 000	$0,563 \to 0$	$6 \to 0$	0	0
7	CTE pe păcură gr. 300 MW	0,5358	2 250	0,7713	3 240	0,7723	3 245
9	CTE pe cărbune gr. 300 MW	0,2265	950	0,2265	950	0,2265	950

— Necunoscutele strategice își păstrează valoarea constantă pe o treaptă a investiției specifice în grupa de centrale hidroelectrice cuprinsă între valorile 6400 ... 8700 lei/kW.

Față de rezultatele prezentate anterior ($i_4 \leqslant \leqslant 6300$ lei/kW), în care puterea CHE nouă este 1000 MW, se constată o scădere a puterii centralei 4; în situația în care combustibilul alocat depășește necesitățile centralelor termoelectrice (I_4^{II}), puterea centralei 4 tinde foarte repede spre zero; în celelalte ipoteze (I_4^I și I_4) valorile rezultate pentru puterea centralei 4 sînt condiționate în principal de plafonarea admisă pentru combustibilul clasic total.

— Treapta următoare a investiției specifice pentru grupa de centrale hidroelectrice noi, în care necunoscutele strategice își păstrează valoarea constantă, corespunde la $i_4 > 8700$ lei/kW.

— Spre deosebire de treptele anterioare, pentru care $i_4 \leqslant 8700$ lei/kW — în care, ca și în ipoteza pivot, agregatele centralelor pe cărbune 3 și 9 sînt încărcate la maximum pe toate palierele curbei de sarcină, pentru situațiile corespunzătoare lui $i_4 > 8700$ lei/kW (în ipotezele I_4 și I_4^I, în care combustibilul total este limitat) — rezultă că apare mai indicat să se reducă puterea în centrala hidroelectrică 4, crescînd în schimb puterea centralei 9 (pe cărbune), dar cu scăderea sarcinii la minimum pentru centrala 3 (pe cărbune, existentă). Această soluție rezultată poate fi intuită cu dificultate, și pentru a fi obținută — în situația efectuării calculelor prin mijloacele obișnuite, fără apel la rezolvarea prin programare — necesită un volum mare de operații.

Este de observat că valorile obținute pentru necunoscutele strategice corespund restricțiilor $0 \leqslant \xi_m \leqslant 1$. Puterile instalate ale centralelor trebuie luate în realitate ca multiple de puterea unitară din grupa respectivă de centrale.

Concluzii

Revenim asupra scopului propus prin studiul aplicației REDEX, de verificare a modului de punere a problemei, respectiv a formulărilor date prin modelul de previziune al dezvoltării centralelor electrice. Prin rezultatele obținute, pentru o gamă largă de examinări parametrice, se obțin confirmări ale modelului matematic propus.

Se poate constata justețea informațiilor obținute:

— în deciziile referitoare la centralele care consumă o formă obligată de disponibilități de energie primară (în cazul considerat cărbune);

— în deciziile referitoare la centralele hidroelectrice pentru diferite valori ale indicatorilor tehnico-economici (investiții, respectiv preț de cost) și în condițiile limitării — într-o măsură mai mare, mai mică — sau a nelimitării combustibilului clasic total;

— în soluționările privind repartiția optimă a sarcinii;

— prin ansamblul soluțiilor rezultate ca optime, atît ca valori ale necunoscutelor strategice, cît și a celor tactice.

Bibliografie

[1] Nitu, V. I., Goldenberg, C. și Ionescu, S. *Model de programare liniară pentru previziunea dezvoltării centralelor electrice* (I). Energetica, 16 (1968), nr. 8, p. 337–342.

(Articol intrat în redacție la 16 martie 1969)

o

Aspecte ale arderii combustibililor lichizi grei în focarele cazanelor de abur

Conf. dr. ing. C. Ungureanu și asistent ing. H. Gutmayer*)

1. Compoziția combustibilului, factor important în procesul de coroziune

Ponderea combustibilului lichid în balanța energetică mondială a căpătat în ultima vreme o importanță din ce în ce mai mare, explicabilă nu numai prin prisma financiară — costul a 1 kWh este de numai 75—85% față de cărbune—, ci și printr-o serie de avantaje importante, pe care le prezintă: ușoară depozitare, putere calorifică mare, absența practică a deșeurilor de ardere, flacără puternic radiantă, compoziție aproape constantă și, prin urmare, deservirea și reglarea simplă a instalației etc.

Din figura 1 reiese că în 1970 energia termică produsă prin arderea combustibilului lichid va depăși pe aceea rezultată din folosirea cărbunelui, devenind astfel principalul purtător de energie [1].

Cu toate progresele mari care s-au făcut în tehnica arderii combustibililor lichizi, nu se poate afirma că această problemă este complet rezolvată, mai ales în cazul păcurilor, care au cea mai mare pondere în balanța combustibilului energetic. Dificultățile legate de apariția coroziunii la temperatură înaltă și joasă impietează asupra siguranței în funcționare și randamentului cazanelor de abur încălzite cu păcură; de aceea considerăm important să ne oprim asupra lor.

Așa cum se știe, păcura este un produs petrolier cu o mare complexitate chimică. Componenții păcurii se pot grupa în hidrocarburi, substanțe complexe (rășini, asfaltene etc.) și compuși cu oxigenul, sulful, sodiul, vanadiul și azotul.

Conținutul de vanadiu al păcurii variază între 0,55 și 2,60 părți dintr-un milion, iar în cenușa provenită din arderea păcurii, între 0,11 și 0,37% [2]. Vanadiul poate fi prezent în combustibilii reziduali sub formă de compuși organometalici sau ca nuclee anorganice ale micelelor asfaltenice [3].

Sodiul este întîlnit sub formă de compuși organometalici, cloruri sau sulfați. Formele anorganice pot fi îndepărtate prin spălare cu apă, însă compușii organo-sodici, precum și compușii vanadiului nu sînt eliminați.

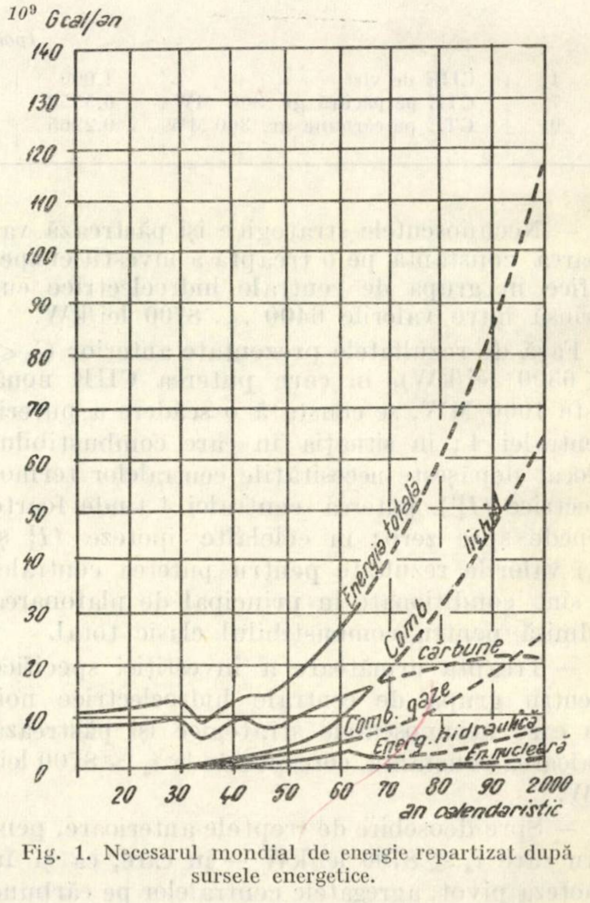


Fig. 1. Necesarul mondial de energie repartizat după sursele energetice.

---

*) Dr. ing. C. Ungureanu este conferențiar la Institutul politehnic Timișoara; ing. H. Gutmayer este asistent la același institut.

Sulful apare îndeosebi în sisteme inelare heterociclice, și, cu toate că unele pot fi îndepărtate prin procedee speciale de tratare, costul acestora din urmă este însă prohibitiv. Pentru aceste motive, combustibilii industriali ieftini conțin cantități însemnate de sodiu, vanadiu și sulf, iar aceste trei elemente dau cele mai multe greutăți în exploatare.

Sărurile complexe de vanadiu, sodiu și sulf determină coroziunea la temperaturi ridicate ale peretelui metalic, peste 600°C, atinse în cazul țevilor supraîncălzitoarelor, din care aburul iese cu temperaturi mai mari de 540°C.

Mecanismul oxidării metalului se poate explica prin aceea că sărurile complexe de sodiu, vanadiu și sulf în stare lichidă curg pe pereții țevilor și formează cu oxizii de fier combinații în stare topită, distrugînd stratul protector și expunînd metalul la o nouă oxidare. La o temperatură determinată, coroziunea este cu atît mai importantă cu cît atmosfera este mai oxidantă, adică cu cît gazele de ardere, alături de oxigenul liber, se găsesc în cantități mai importante de pentaoxid de vanadiu și anhidridă sulfurică.

Temperaturile de fuziune ale oxizilor de sodiu și vanadiu, întîlniți cel mai frecvent în compoziția fumului de la cazanele de abur, sînt redate în tabela 1 [9].

Tabela 1

Temperaturile de topire ale oxizilor întîlniți mai frecvent la cazane

Numele oxidului	Formula	Temperatura de topire, °C
Vanadil-vanadat de sodiu 1.1.5	$Na_2OV_2O_4 \cdot$ $\cdot 5V_2O_5$	659
Vanadil-vanadat de sodiu 5.1.11	$5Na_2O \cdot V_2O_4 \cdot$ $\cdot 11V_2O_5$	577
Orto-vanadat de sodiu	$3Na_2O \cdot V_2O_3$	850
Pirovanadat de sodiu	$2Na_2O \cdot V_2O_5$	632
Metavanadat de sodiu	$Na_2O \cdot V_2O_5$	632
Pentoxid de vanadiu	V_2O_5	673
Tetraoxid de vanadiu	V_2O_4	1970
Trioxid de vanadiu	V_2O_3	1970
Silice (bioxid de siliciu)	SiO_2	1720
Oxid de nichel	NiO	2090
Oxid feric	Fe_2O_3	1565
Oxid de aluminiu	Al_2O_3	2050
Oxid de magneziu	MgO	2500
Oxid de calciu	CaO	2572

În afara compozițiilor pure, acești oxizi topiți sînt capabili să formeze amestecuri eutectice, pentru care, în figura 2, sînt indicate temperaturile de fuziune. Se observă că amestecurile cele mai fuzibile se formează pentru rapoarte molare $Na_2O/V_2O_5 + Na_2O$ cuprinse între 0,25 și 0,65, temperatura minimă de fuziune fiind într-un anumit caz de numai 527°C.

Din păcate, oxidarea nu este singura cauză a coroziunii țevilor supraîncălzitorului. Coroziunea intergranulară se manifestă îndată ce există un oarecare conținut de cloruri, care activează în același timp și oxidarea.

Viteza maximă de coroziune, care apare în intervalul de temperatură 650 — 750°C, depinde în primul rînd de compoziția oțelului. Încercările făcute de Jahn [7] au arătat că oțelurile feritice cu Cr au o comportare satisfăcătoare. Aliajele CrNi de tipul 55Cr54Ni și 75Ni15Cr9Si sînt de cinci ori mai rezistente la coroziune, dar în schimb sînt scumpe și fragile. Cele mai nefavorabile materiale s-au dovedit a fi oțelurile cu conținut redus de Ni.

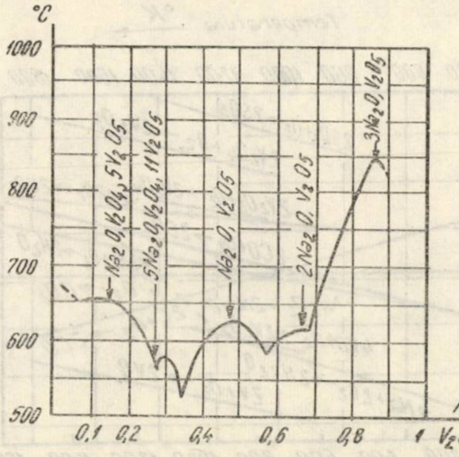


Fig. 2. Temperatura de fuziune a amestecurilor de Na_2O și V_2O_5 în funcție de raportul molar.

Conținutul de sulf constituie principala cauză a coroziunii la temperatură joasă a suprafețelor de încălzire auxiliare (economizor, preîncălzitor de aer). Agentul esențial al coroziunii la temperatură joasă este anhidrida sulfurică SO_3, care prin hidratare la temperaturi sub 500°C formează acidul sulfuric.

2. Formarea pentaoxidului de vanadiu și a trioxidului de sulf

Cercetările întreprinse de Hedley și Brown de la Department of Fuel Technology al Universității Sheffield [8] au scos în evidență că la oxidarea vanadiului după următoarea reacție :

$$2\ V + O_2 \rightarrow 2VO$$

energia eliberată este cu mult mai mare decît în cazul reacției :

$$2V_2O_4 + O_2 = 2V_2O_5,$$

așa cum de altfel se observă și în figura 3.

Din acest motiv, în procesele de oxidare, care decurg cu un exces redus de oxigen liber, preponderent se va forma VO. Oxidarea în continuare după reacțiile. :

$$4VO + O_2 \rightarrow 2V_2O_3$$
$$2V_2O_3 + O_2 \rightarrow 2V_2O_4$$
$$2V_2O_4 + O_2 \rightarrow 2V_2O_5$$

este posibilă numai la creşterea participării oxigenului liber, adică la mărirea excesului de aer.

Prin urmare, pentru a evita formarea componentului dăunător V_2O_5, se impune ca arderea

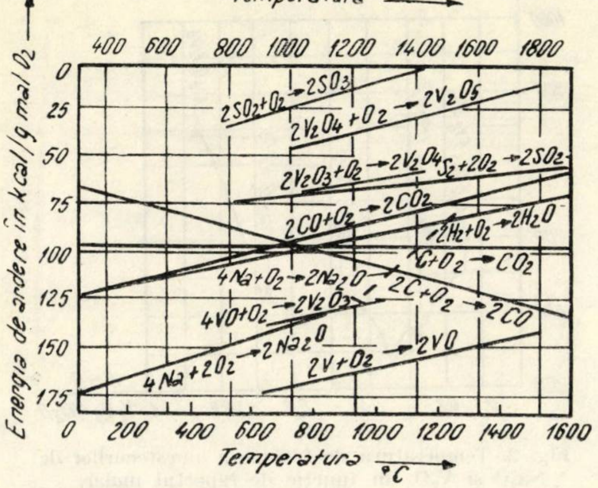


Fig. 3. Energia de ardere pentru unele componente ale păcurii.

să decurgă cu un coeficient de excedent cît mai redus.

În ceea ce priveşte oxidarea sulfului, se observă că, la arderea cu un exces de aer mai mare, o parte din SO_2 se transformă în SO_3. Reacţia de echilibru:

$$2SO_2 + O_2 \rightleftarrows SO_3$$

depinde de temperatura la care decurge reacţia, concentraţia în SO_2 şi O_2 şi, în plus, de prezenţa sau absenţa unor catalizatori.

Schulze [4] a arătat că o dată cu creşterea temperaturii flăcării, procentul de formare a SO_3 din SO_2 scade (fig. 4).

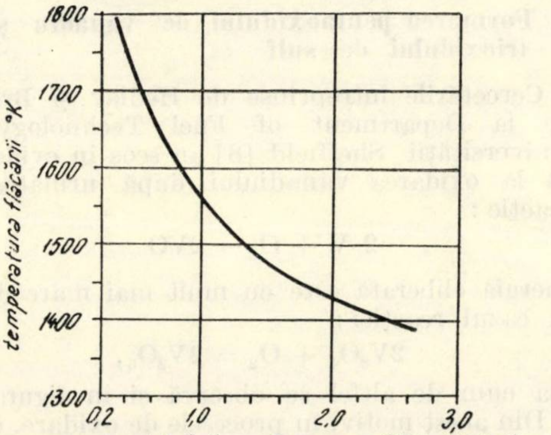


Fig. 4. Influenţa temperaturii asupra formării SO_3.

Acelaşi autor reprezintă în graficul redat în figura 5 influenţa concentraţiei de O_2 asupra formării SO_3 din SO_2 la o temperatură de ardere constantă. Se observă că la un exces de aer mic scade intensitatea formării anhidridei sulfurice.

Oxizii metalelor grele au o influenţă catalitică pozitivă asupra formării de SO_3. Totuşi experienţa a demonstrat că în cazul cazanelor de abur cea mai mare parte a formării de SO_3 are loc în flacără şi se datorează oxidării SO_2, iar cantitatea de SO_3 rezultată sub influenţa unor catalizatori ca Fe_2O_3 şi V_2O_5 este minimă.

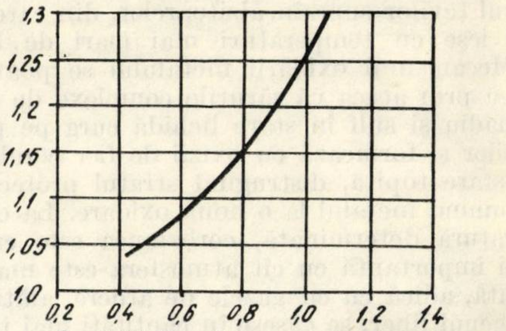


Fig. 5. Influenţa excesului de aer asupra formării SO_3.

SO_3, împreună cu vaporii de apă din gazele de ardere, formează un amestec a cărui temperatură de condensare se numeşte punct de rouă acid. Temperatura punctului de rouă acid poate să atingă în unele cazuri chiar 160°C (fig. 6).

Din punctul de vedere al protejării suprafeţelor metalice împotriva acţiunii corosive a acidului sulfuric, Niepenberg [5] arată că temperaturile cele mai periculoase se stabilesc cu 30 — 50°C mai mici decît temperatura punctului de rouă acid (vezi fig. 7). Pentru aceste temperaturi corespunde o viteză maximă de formare a acidului sulfuric prin condensare şi

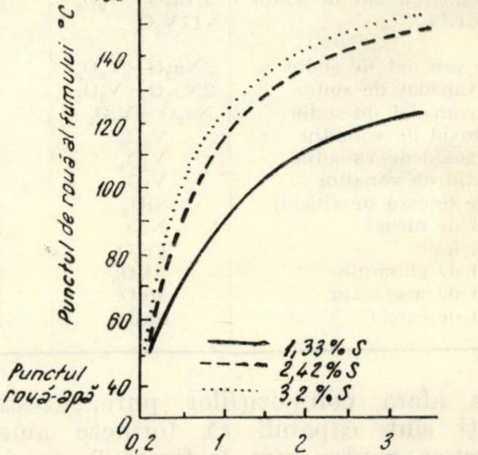


Fig. 6. Măsurători ale punctului de rouă la cazane cu păcură.

deci o viteză maximă de coroziune a metalului suprafețelor de încălzire.

În circuitul gazelor cu temperatură mijlocie și joasă, anhidrida sulfurică este absorbită de cenușa depusă pe țevi și în mod special de carbonul liber. Aceste produse acide atacă pereții și este probabil ca ele să joace și un rol de catalizator al formării de SO_3.

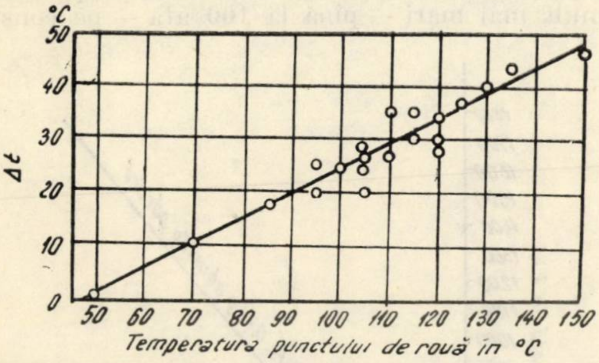


Fig. 7. Diferența de temperatură dintre punctul de rouă acid și punctul de coroziune maximă.

3. Măsuri pentru evitarea coroziunii

Tendința actuală de ridicare a presiunii și a temperaturii aburului și de scădere a temperaturii gazelor la coș, în vederea ridicării randamentului termic al centralelor, este limitată nu numai de calitatea materialelor necesare, ci și de apariția coroziunii, care determină dificultăți importante în exploatare.

În stadiul actual, pentru a evita efectele nedorite ale coroziunii la temperatură înaltă, care se manifestă preponderent pentru temperaturi ale peretelui metalic peste 600°C, în cazul cazanelor încălzite cu păcură, temperatura de supraîncălzire a aburului este plafonată la circa 530°C.

Evitarea condensării vaporilor de apă pe ultimele suprafețe auxiliare de încălzire ale cazanului impune ca temperatura de evacuare a gazelor la coș să varieze între 140 și 200 °C, temperatura apei de alimentare la intrarea în economizor să fie de circa 125 — 135°C, iar temperatura aerului la intrarea în preîncălzitor de circa 60 — 80°C. Ultima valoare se poate obține fie prin recircularea unei părți din aerul preîncălzit, fie folosind un sistem de încălzire prealabilă cu abur.

Aceste măsuri sînt uneori complicate și mai ales neeconomice. De aceea în ultima vreme atenția se îndreaptă spre alte soluții.

Pentru a putea exploata un cazan economic, cu temperaturi mici ale gazelor la coș, fără să apară o coroziune importantă a suprafețelor metalice, se impune reducerea la minimum a conținutului de SO_3 în fum.

Una dintre căile folosite în acest scop constă în adăugarea unor anumite substanțe aditive, care au proprietatea de a neutraliza chimic sau de a adsorbi acidul sulfuric format. Printre cei mai folosiți aditivi se numără dolomita, magnezita, silicea coloidală, amoniacul și magneziul.

Dolomita poate fi injectată pneumatic sub formă pulverulentă în focar sau în circuitul gazelor de ardere. Ea are o acțiune redusă asupra conținutului în SO_3 al fumului, dar neutralizează ușor depunerile de pe pereți. Ușurința utilizării și prețul său scăzut o fac un aditiv foarte interesant.

Magnezita poate fi utilizată în același fel ca și dolomita, dar și sub formă de suspensie în apă injectată prin gurile de curățire direct pe țevile schimbătorului de căldură. Încercările făcute în S.U.A. arată eficacitatea acestui procedeu asupra curățirii țevilor, dar nu se cunosc efectele sale asupra coroziunii la temperatură înaltă.

Silicea coloidală în apă cu concentrația de 10 — 15% este foarte stabilă. Această proprietate permite injectarea aditivului în combustibil înainte de ardere. Încercările făcute în laboratorul societății „Bewag'' la Berlin, de către Wickert, au pus în evidență influența acestui procedeu asupra ridicării temperaturii de topire a cenușii combustibilului astfel preparat. Depunerile de cenușă pe țevi au un caracter friabil și deci devin mai ușor de îndepărtat.

Amoniacul, injectat în zona de temperatură a gazelor de circa 200°C, are o acțiune foarte eficace, dar antrenează formarea abundentă a depunerilor de sulfat de amoniu. Acest aditiv nu poate fi întrebuințat decît pentru acele tipuri de preîncălzitoare de aer care pot fi curățite eficace în timpul funcționării.

Magneziul, sub formă de granule, permite o injectare pneumatică în camera de ardere. Reacționînd cu oxigenul liber din flacără, favorizează reducerea cantității de anhidridă sulfurică. Depunerile pe care le generează sînt importante și foarte aderente.

Pentru orientare se menționează că prețul acestor aditivi este foarte variat; dacă prețul a 1 kg de dolomită este 1 , atunci pentru magnezită crește la 3, la silicea coloidală la 13, iar pentru magneziu la 55.

Asemenea adaosuri nu elimină complet conținutul de SO_3 din gazele de ardere, dar totuși contribuie la micșorarea cantității acesteia. Soluția prezintă însă mai multe inconveniente, dintre care murdărirea exterioară a suprafețelor de încălzire, cît și necesitatea dotării agregatului de cazan cu instalații suplimentare de introducere a acestor aditivi.

Calea de cea mai mare perspectivă o reprezintă însă realizarea unei arderi cu exces de aer cît mai redus. În acest caz, temperatura de ardere se ridică mult, procentul de oxigen liber în fum scade și, în consecință, procesul de oxidare a SO_2 în SO_3 este frînat.

Pentru valori λ = 1,01 — ceea ce corespunde unui conținut de 0,2% oxigen liber în gazele de ardere — punctul de rouă scade la circa 60°C, indiferent de conținutul de sulf al combustibilului (fig. 6.).

4. Construcții adecvate de injectoare și instalații pentru direcționarea aerului

Este cunoscut că la arderea unui combustibil lichid într-un flux de aer, procesul trece printr-o serie de stadii succesive: evaporarea, descompunerea pirogenetică, amestecarea cu oxidantul și arderea propriu-zisă. Aceste stadii sînt precedate de pulverizare, de calitatea căreia depinde în măsură considerabilă desfășurarea stadiilor amintite.

Organizarea unei arderi cu λ redus impune, pe de o parte, îmbunătățirea fineții și uniformității pulverizării, iar pe de altă parte îmbunătățirea condițiilor de formare a amestecului carburant.

Finețea pulverizării se apreciază după mărimea diametrului mediu al norului de picături. Se consideră că pulverizarea este bună dacă valoarea diametrului mediu Sauter variază între 60 și 100 μ. Calitatea dispersiei determinată prin diametrul maxim al picăturilor se consideră bună dacă $\Phi_{max} < 350\ \mu$ [6].

Dintre parametrii fizici ai combustibilului, cea mai mare influență asupra diametrului mediu al norului de picături o are viscozitatea. Pentru a obține o bună pulverizare într-un domeniu larg de încărcare, este necesar ca viscozitatea combustibilului să fie cuprinsă în intervalul 1,8 — 3,2°E (fig. 8).

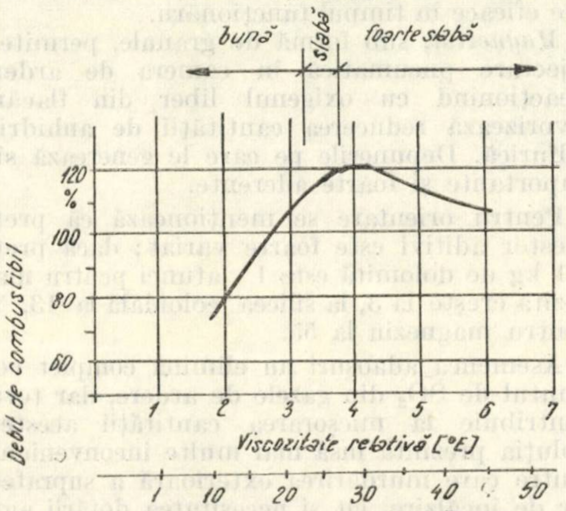


Fig. 8. Dependența punctului de rouă acid de conținutul de sulf și de excesul de aer.

Cazanele de abur mari sînt înzestrate, în cea mai mare parte, cu injectoare mecanice cu cameră turbionară și reglarea debitului de combustibil pe conducta de retur, caracterizate printr-o mare capacitate de reglare. Dacă pînă nu de mult presiunea păcurii de 25 —30 ata era considerată potrivită pentru o funcționare bună a injectorului, astăzi se merge la presiuni mult mai mari — pînă la 100 ata — pe considerentul de a se realiza și menține o pulverizare fină pentru întregul domeniu de reglare a injectorului. De altfel, așa cum se vede în figura 9, ridicarea presiunii păcurii de la 64 ata la 100 ata nu influențează sensibil asupra consumului de putere.

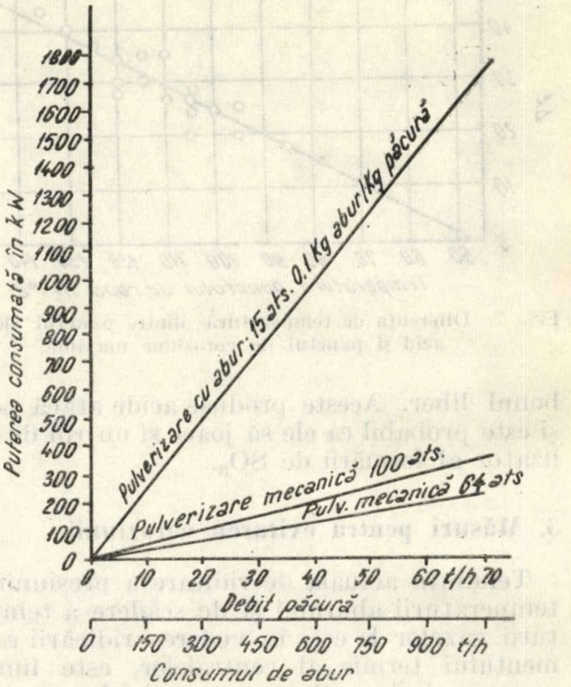


Fig. 9. Influența debitului și viscozității asupra calității pulverizării în cazul pulverizării mecanice.

Din aceeași figură se constată că injectoarele cu pulverizarea prin presiunea păcurii reclamă un consum de putere de 3,5 pînă la 10 ori mai mic decît injectoarele pneumatice cu abur. Cu toate acestea, în ultimul timp, firmele KSG și Babcock au introdus diverse tipuri de injectoare cu pulverizare mixtă, care realizează o pulverizare mult mai fină, permițînd astfel micșorarea coeficientului de excedent de aer în focar la valoarea 1,03 — 1,05.

În figura 10 este reprezentat un injector cu pulverizare mixtă tip KSG. Combustibilul și mediul pulverizant (aerul sau aburul) sînt conduse separat pînă la placa de amestecare. Combustibilul străbate această placă printr-o serie de orificii așezate circular, iar aerul (aburul) trece prin niște fante radiale. În spațiul care urmează se produce desăvîrșirea procesului de amestecare, iar emulsia formată iese în focar prin orificiile frontale, așezate sub un anumit unghi corespunzător flăcării dorite.

Firma Babcock construieşte mai multe tipuri de injectoare cu pulverizare mixtă, dintre care injectorul de tip *Y*, reprezentat în figura 11, este destul de răspîndit. Admisia aburului se face central, iar întîlnirea jeturilor de abur cu vînele de combustibil se produce chiar în interiorul canalelor frontale prin care se face injectarea. Asemenea injectoare se construiesc pentru debite de combustibil pînă la 1000 kg/h, presiunea combustibilului de 10 kgf/cm^2, presiunea aburului de 12 kgf/cm^2 şi realizează un consum specific de abur în jur de 0,065 kg/kg, adică de circa 5 — 10 ori mai mic decît în cazul injectoarelor cu pulverizare cu abur.

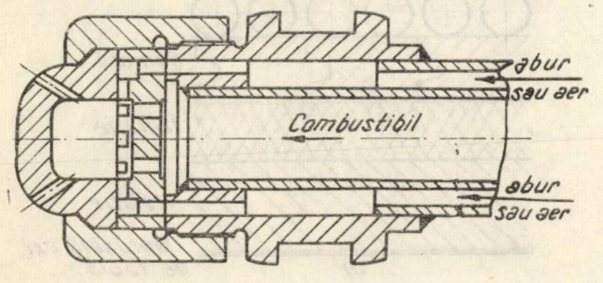


Fig. 10. Necesarul de energie la pulverizarea mecanică şi pneumatică cu abur în cazul viscozităţii păcurii în faţa pompei de 26°E.

Pentru a se obţine o ardere perfectă cu un exces mic de aer şi o încărcare termică a focarului ridicată, pe lîngă o bună pulverizare este necesară şi o introducere corectă a aerului în focar. Cu excepţia cazanelor mici, în toate celelalte cazuri aerul necesar arderii este livrat de un ventilator. Vitezele de insuflare cuprinse între 20 şi 30 m/s, obţinute pînă nu de mult, au fost ridicate la 30 — 50 m/s. În felul acesta se micşorează drumul de amestecare, se obţine o flacără compactă şi se realizează încărcări termice ridicate ale spaţiului de ardere.

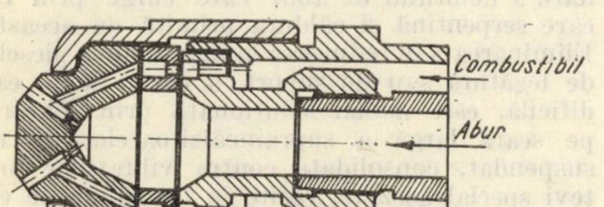


Fig. 11. Injector KSG cu pulverizare mixtă cu aer sau abur de înaltă presiune.

De multe ori aerul necesar arderii se introduce sub forma a doi curenţi separaţi, unul central şi altul periferic (fig. 12). Curentul central trece printr-o rozetă de turbionare cu palete fixe sau mobile, care îi imprimă o mişcare de rotaţie. Curentul de aer periferic, în cantitate mai mare decît primul, intră fără a fi turbinonat. Diferenţa de viteză dintre cei doi curenţi determină o bună amestecare.

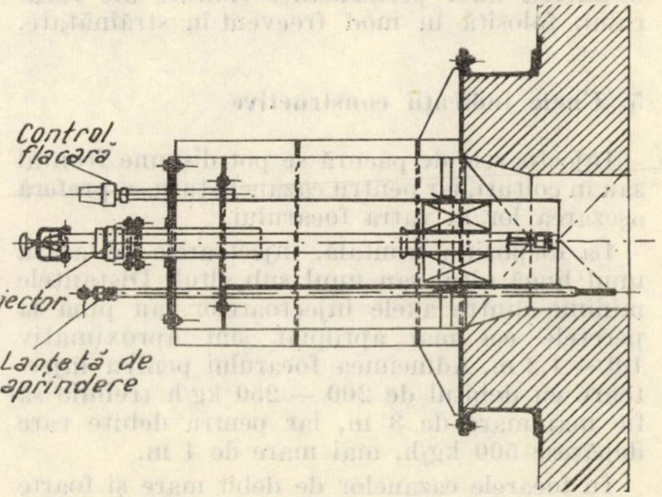
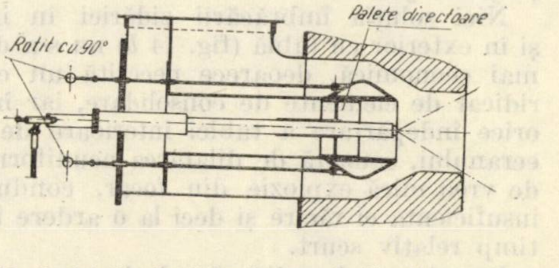


Fig. 12. Injector cu pulverizare mixtă cu abur construit de firma Babcock.

Figura 13 arată o instalaţie de aducere şi direcţionare a aerului cu posibilitatea de reglare a vitezei curentului periferic prin deplasarea capului injectorului.

În instalaţiile moderne, aerul este de regulă preîncălzit la temperaturi de 200 — 300°C, contribuind astfel la ridicarea vitezei de ardere şi la obţinerea unor randamente mai ridicate.

Vitezele şi direcţiile de insuflare ale curenţilor de aer — central şi periferic — determină în mare măsură forma şi dimensiunile flăcării. Pînă acum s-au construit arzătoarele după forma focarului; se pare însă că în prezent se trece la construirea focarelor după forma flăcărilor, soluţie care asigură, fără îndoială, un coeficient mai ridicat de umplere a focarului de către flacără. Pentru aceasta trebuie cunoscute: comportarea flăcării la diferite puteri, coeficienţii de exces de aer, dispoziţii ale arzătoarelor, temperaturi ale aerului etc. Folosirea



13. Instalaţie de introducere şi direcţionare a aerului, tip KSG.

încercărilor de laborator și transpunerea cu ajutorul teoriei similitudinii a rezultatelor cercetărilor de pe modele la execuție constituie astăzi calea cu cea mai mare perspectivă pentru obținerea unor performanțe ridicate ale focarului, folosită în mod frecvent în străinătate.

5. Unele indicații constructive

Injectoarele de păcură se pot dispune frontal sau în colțuri, iar pentru cazanele-turn se preferă așezarea lor în vatra focarului.

La dispoziția frontală, injectoarele se așază unul lîngă altul sau unul sub altul. Distanțele minime dintre axele injectoarelor sau pînă la peretele cel mai apropiat sînt aproximativ 1,0 ~ 1,2 m. Adîncimea focarului pentru injectoare cu debitul de 200 — 250 kg/h trebuie să fie mai mare de 3 m, iar pentru debite care depășesc 500 kg/h, mai mare de 4 m.

În focarele cazanelor de debit mare și foarte mare, injectoarele se plasează în colțuri, pe mai multe nivele, dirijate astfel încît să fie tangente la un cilindru cu aceeași axă ca și a focarului. Datorită direcției de insuflare și tirajului, flacăra are formă elicoidală și umple destul de bine spațiul focarului.

Arderea în focarele pentru combustibil lichid se face de cele mai multe ori la o presiune apropiată de cea atmosferică. În ultimul timp se construiesc tot mai multe instalații de cazane cu tiraj insuflat. În acest caz, o importanță deosebită o prezintă etanșeitatea focarului și a canalelor de fum, nu numai pentru evitarea ieșirii gazelor în afară, dar și pentru eliminarea pericolului de coroziune a îmbrăcăminții exterioare din tablă.

Soluția mai veche (vezi fig. 14 *a*) prezintă dezavantajul că permite pătrunderea gazelor de ardere prin zidărie pînă la tabla exterioară, iar aici, în urma condensării vaporilor de apă și în prezența SO_3, apare pericolul coroziunii la temperaturi joase.

Nici soluția îmbrăcării zidăriei în interior și în exterior cu tablă (fig. 14 *b*) nu s-a dovedit mai economică, deoarece necesită un consum ridicat de elemente de consolidare, iar în plus, orice îndepărtare a tablei interioare de țevile ecranului, cauzată de dilatarea neuniformă sau de vreo mică explozie din focar, conducea la insuficienta ei răcire și deci la o ardere într-un timp relativ scurt.

Practica a dovedit că soluția prezentată în figura 14 *c* este cea mai bună. Etanșarea se obține prin folosirea țevilor de ecran cu aripioare longitudinale, sudate între ele, și a unui perete de tablă în exteriorul stratului izolator.

Experiența acumulată pînă în prezent în exploatarea cazanelor încălzite cu păcură a dovedit că fenomenele indezirabile de coroziune și ancrasare a suprafețelor de încălzire pot fi evitate dacă temperatura peretelui metalic nu depășește o anumită limită.

Soluțiile constructive adoptate la ora actuală urmăresc tocmai eliminarea posibilităților de apariție a „punctelor prea calde sau prea reci", care se pot datora neuniformității debitelor de gaze, abur sau aer în anumite zone sau la anumite sarcini ale cazanului.

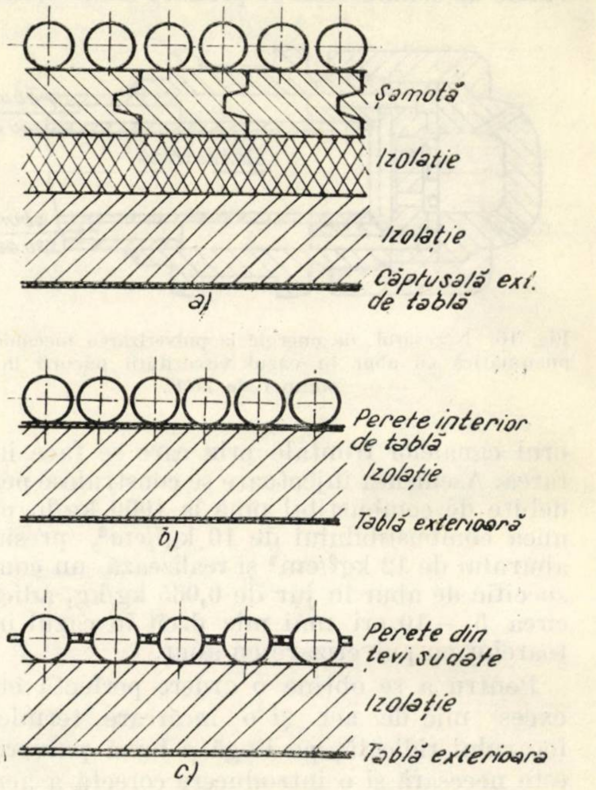


Fig. 14. Instalație de introducere și direcționare a aerului cu posibilitatea de reglare a vitezei curentului.

Concepția supraîncălzitorului are la bază limitarea și asigurarea uniformității temperaturii pereților țevilor printr-o justă proporționare a debitului de abur care curge prin fiecare serpentină și căldura primită de aceasta. Eliminarea sau reducerea la maximum a pieselor de legătură sau de suport, a căror răcire este dificilă, este astăzi soluționată prin folosirea pe scară largă a supraîncălzitoarelor de tip suspendat, consolidate contra vibrațiilor prin țevi special așezate, răcite în întregime de curentul de abur care circulă în interiorul lor.

În unitățile termice care funcționează după un ciclu regenerativ, părțile cele mai reci ale unui agregat de cazan sînt în general constituite de către preîncălzitoarele de aer; datorită preîncălzirii regenerative a apei de alimentare economizoarele se găsesc la temperaturi superioare zonelor critice.

Măsurile de ordin constructiv folosite în scopul evitării „punctelor reci" din componența preîncălzitoarelor de aer constau în utilizarea recirculării aerului cald, a preîncălzirii aerului înainte de intrarea în preîncălzitor folosind un schimbător de căldură cu abur, a extragerii unei cantități de gaze de ardere din amonte de preîncălzitorul de aer și introducerea ei în partea finală a acestuia etc. Aceste măsuri pot fi utilizate fie permanent, fie numai pentru un anumit regim, de exemplu la punerea în funcțiune la sarcină redusă sau cînd aerul ambiant este în mod special rece. Folosirea tuturor acestor dispozitive are drept consecință o oarecare scădere a randamentului total.

O atenție deosebită se acordă asigurării unei repartiții cît mai uniforme a vitezei gazelor de ardere pe întreaga secțiune a preîncălzitorului, folosindu-se în acest scop palete directoare sau grătare de uniformizare.

În concepția cazanelor moderne se întîlnește tot mai des divizarea preîncălzitorului de aer în două părți, una de înaltă și alta de joasă temperatură.

Preîncălzitoarele de aer de înaltă temperatură sînt concepute astfel încît temperatura medie a suprafețelor celor mai reci să nu fie sub 115°C. Pentru a fi cît mai compacte se aleg de tipul regenerativ. Prima parte a acestora, unde nu poate să apară condensarea vaporilor de apă, se construiește din tablă de oțel-carbon simplu; partea finală se execută de regulă din materiale ceramice, insensibile la coroziune.

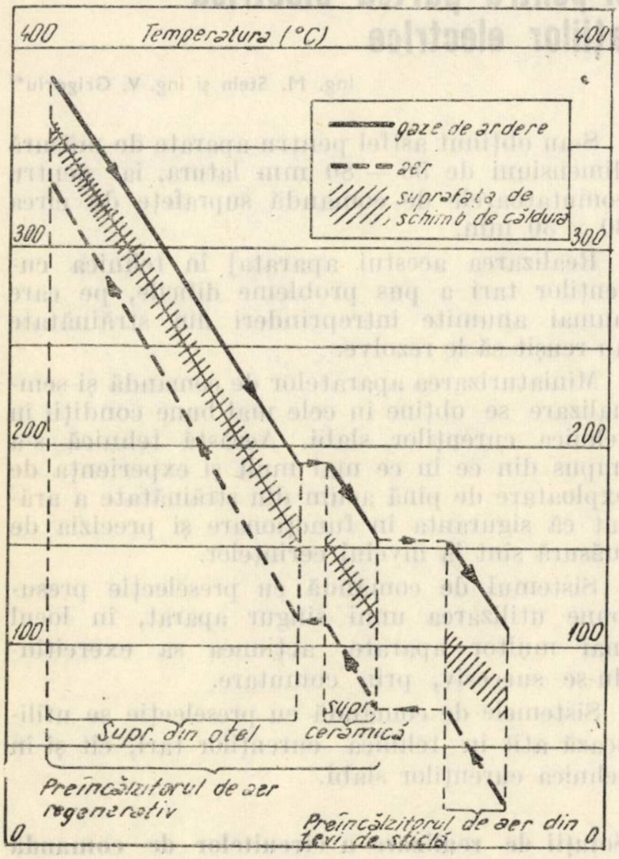


Fig. 15. Soluții constructive pentru etanșarea focarului.

Preîncălzitorul de aer de joasă temperatură se construiește din materiale ceramice, dar în ultima vreme se încearcă folosirea țevilor de sticlă [11].

Pentru exemplificarea celor de mai sus, în figura 15 este redată diagrama de variație a temperaturilor în preîncălzitorul de aer al cazanelor de 250 MW și 600 MW care se construiesc în Franța.

Se observă că aerul cu temperatura ambiantă intră în preîncălzitorul cu țevi de sticlă unde se încălzește pînă la 70°C, răcind gazele de ardere de la 155°C la 109°C, trece apoi în preîncălzitorul ceramic, unde își ridică temperatura pînă la 115°C, și, în sfîrșit, în treapta de înaltă temperatură, din care iese cu circa 330°C.

6. Controlul și automatizarea funcționării cazanului

Producția de V_2O_5 și SO_3 este aproape nulă la funcționarea arzătorului în vecinătatea imediată a cantității teoretice de aer pentru ardere, dar ea crește rapid pînă la un exces de aer corespunzător unui procent de $1 \sim 1{,}5\%$ de oxigen liber, după care creșterea este foarte lentă. Practic, aceasta înseamnă că arderea perfectă și completă trebuie asigurată cu un coeficient de exces mai mic de 1,05, dacă dorim evitarea coroziunii și înfundării preîncălzitorului de aer.

Controlul automat al cazanului asigură cu succes reglarea presiunii și temperaturii aburului, nivelului apei în tambur și depresiunea în focar, dar reglarea debitului de aer și combustibil în vederea realizării unei arderi aproape stoichiometrice este o problemă mai delicată.

Reglarea debitului de aer în funcție de cantitatea de căldură introdusă în cazan prin măsurarea directă a debitului de combustibil sau de abur nu este suficient de precisă, din cauza erorilor de măsurare mult prea mari, care se fac în mod inerent, precum și de corijările ce trebuie aduse pentru a ține seamă de variațiile randamentului cazanului, parametrilor aburului, temperaturii apei de alimentare, viscozității și compoziției combustibilului.

Printre mijloacele recomandate actualmente se întîlnește folosirea unor analizoare cromatografice de oxigen și a unor opacimetre, care stabilesc cu precizie suficientă conținutul de oxigen liber și opacitatea fumului, concomitent cu viteza de răspuns corespunzătoare pentru comanda sistemului de reglare a aerului. Cu un astfel de echipament s-a obținut funcționarea cazanelor din centralele franceze Nantes — Cheviré și Merksen, de lîngă Anvers, cu un exces de aer de 2 — 3%, respectiv a rafinăriei Lingen, din Germania, cu un exces de 1%.

Concluzii

Exploatarea în condiţii optime a instalaţiilor de cazane înzestrate cu injectoare pentru combustibil lichid greu, cu conţinut ridicat de sulf şi vanadiu, ridică probleme variate, care nu pot fi soluţionate decît printr-o proiectare, construcţie, execuţie şi montare judicioasă, ca urmare a unor studii şi încercări corespunzătoare, bazate pe proprietăţile şi comportarea combustibilului în procesul de pregătire şi de ardere.

Bibliografie

[1] Buch, A. *Die Energiewirtschaft der Welt in ihrer künftigen Entwicklung.* Energie, sept. 1965, p. 361—372.

[2] Rădulescu, A. C. *Proprietăţile ţiţeiurilor româneşti.* Ed. Acad. RPR, Bucureşti, 1961.

[3] Bird, R. I. ş.a. *Arderea uleiurilor combustibile grele. Unele observaţii asupra reziduurilor cu picături ce conţin carbon şi asupra cenuşii din curentul de gaze, apărut în „Utilaje noi pentru arderea combustibililor inferiori".* IDT, Bucureşti, 1966, p. 24—34.

[4] Schulze, R. *Der Wirkungsgrad ölgefeuerter Dampfkessel und seine Abhängigkeit vom Taupunktverhalten der Feuerrung.* Energie, nov. 1963, p. 460—463.

[5] Niepenberg, H. *Neue Untersuchungen und Betriebserfahrungen an ölgefeuerten Dampferzeuger* VGB-Mitteilungen der Vereinigung der Grosskesselbesitzer, Heft 85, aug. 1963, p. 251—259.

[6] Kapitaniak, A. *The influence of chosen construction parameters on the performance of spill-control pressure-jet atomizers.* Journal of the Institute of Fuel, ian. 1967, p. 26—35.

[7] Jahn, E. *Hochtemperatur-Korrosionsversuche an verschiedenen hitzbeständigen Werkstoffen in einem ölgasgefeuerten Betriebskessel.* Werkstoffe und Korrosion, Heft 9, 1965, p. 761—768.

[8] Glaubitz, F. *Die Verhütung von Korrosion an ölgefeuerten Kesseln durch Verbrennung des Oels mit extrem niedrigem Luftüberschuss.* Werkstoffe und Korrosion, Heft 12, 1965, p. 1033—1039.

[9] Lachaux, P. *La combustion des fuels sulfureux avec faible excès d'air.* Revue Générale de Thermique, vol. IV, nr. 46, p. 1117—1123.

[10] Cardinal, R. şi Kolbach, P. *Bilan de 12000 heures de marche au mazout sulfureux d'un générateur de vapeur de 400 t/h.* Revue Générale de Thermique, vol. IV, nr. 37, p. 47—58.

(Articol intrat în redacţie la 26 octombrie 1967)

o

Sisteme de comandă şi control pentru partea electrică a centralelor şi staţiilor electrice

Ing. M. Stein şi ing. V. Grigoriu*)

Creşterea continuă a puterii agregatelor care se montează în centrale şi staţiile electrice, precum şi amploarea schemelor şi complexitatea instalaţiilor determină soluţii noi şi în ceea ce priveşte concepţia camerelor de comandă.

În consecinţă, la proiectarea noilor camere de comandă trebuie să se ţină seamă de următoarele principii :

— asigurarea gradului de siguranţă necesar, împreună cu evitarea posibilităţilor de manevre greşite ;

— obţinerea unui contur operativ cît mai restrîns posibil al camerelor de comandă, în scopul uşurării lecturii aparatelor de măsură şi a executării manevrelor ;

— realizarea unei reprezentări clare a stării instalaţiei, printr-o schemă sinoptică plasată în faţa operatorului ;

— alegerea şi dispunerea raţională a aparatelor de măsură ;

—posibilităţi comode de extindere sau adaptări ulterioare ;

—realizarea unui cost de investiţie redus.

Un contur operativ redus pentru camerele de comandă se poate obţine în prezent prin mai multe căi, şi anume prin micşorarea sau chiar miniaturizarea aparatelor de măsură, comandă şi semnalizare şi prin reducerea numărului de aparate în folosirea schemelor de protecţie.

S-au obţinut astfel pentru aparate de măsură dimensiuni de 50 — 80 mm latura, iar pentru comutatoarele de comandă suprafeţe de circa 30 × 30 mm.

Realizarea acestui aparataj în tehnica curenţilor tari a pus probleme dificile, pe care numai anumite întreprinderi din străinătate au reuşit să le rezolve.

Miniaturizarea aparatelor de comandă şi semnalizare se obţine în cele mai bune condiţii în tehnica curenţilor slabi. Această tehnică s-a impus din ce în ce mai mult şi experienţa de exploatare de pînă acum din străinătate a arătat că siguranţa în funcţionare şi precizia de măsură sînt la nivelul cerinţelor.

Sistemul de comandă cu preselecţie presupune utilizarea unui singur aparat, în locul mai multor aparate, acţiunea sa exercitîndu-se succesiv, prin comutare.

Sistemele de comandă cu preselecţie se utilizează atît în tehnica curenţilor tari, cît şi în tehnica curenţilor slabi.

Soluţii de realizare a circuitelor de comandă şi control

Datorită numărului extrem de mare de soluţii folosite în prezent pentru circuitele de comandă şi control este aproape imposibilă o grupare exactă a sistemelor folosite.

---

*) M. Stein este inginer proiectant şef la ISPE ; V. Grigoriu este inginer principal la ISPE.

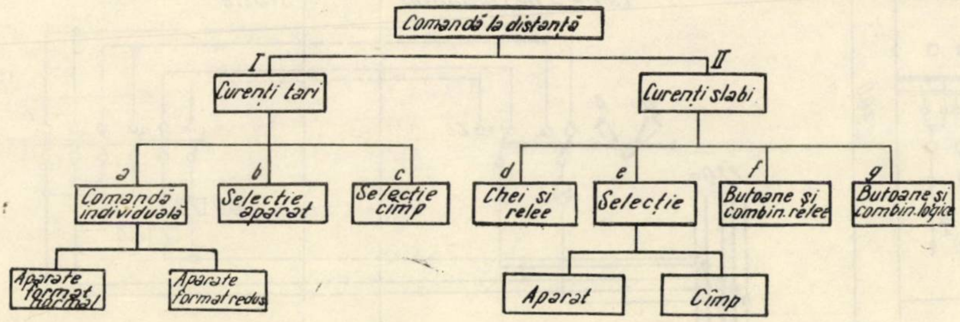
Totuși se poate face o împărțire a acestor sisteme după valoarea mărimilor de comandă și control folosite, și anume :

I — sisteme de comandă-semnalizare în curenți tari ;

II — sisteme de comandă-semnalizare în curenți slabi.

În tabela 1 sînt indicate cele mai utilizate variante pentru realizarea comenzii la distanță.

Tabela 1



I. *Tehnica curenților tari* folosește tensiuni peste 60 V și intensități de curent ce depășesc 200 — 300 mA.

Această tehnică a fost aproape în exclusivitate folosită atunci cînd complexitatea instalațiilor și distanțele la stații erau reduse.

Sistemul prezintă multe avantaje, mai ales în ce privește robustețea aparatelor și conductorilor, funcționarea mai precisă și mai sigură a aparatelor de măsură și automatizare.

În figura 1 sînt indicate cîteva soluții de realizare în tehnica curenților tari.

În varianta „a” de realizare este reprezentat sistemul clasic de comandă și semnalizare individuală, la tensiunea operativă de 220 V curent continuu. Această tensiune este aproape unanim folosită în cazul centralelor și stațiilor importante.

Se pot folosi aparate de format „normal” (aparate de măsură cu dimensiuni 160 × 160 mm și comutatoare de comandă cu dimensiuni 60 × 70 mm), sau de format „redus” (aparate de măsură cu dimensiuni 90 × 90 mm și comutatoare de comandă cu dimensiuni 50 × 50 mm).

Secțiunea conductorilor de legătură trebuie să fie de minimum 1,5 mm^2.

În variantele „b” și „c” sînt reprezentate două soluții de comandă la alegere, cu preselecția aparatului (varianta „b”) și cu preselecția cîmpului (varianta „c”).

În varianta „b” există un singur comutator de comandă pentru toate aparatele cîmpului. Alegerea aparatului se face prin apăsarea unui buton de selectare a aparatului care se dorește a fi acționat.

În varianta „c”, pe un pupitru de comandă se găsesc cîteva complete de comandă, care reproduc schemele monofilare ale circuitelor specifice ale stației (linii, transformatoare, cuple etc.). Pe fiecare complet se găsește de asemenea un număr de butoane de alegere a cîmpului (numerotate în varianta „c” de la 1 la 5). În general, dacă numărul circuitelor identice este foarte mare, se recomandă a se monta mai multe complete identice, pentru a evita în caz de defecțiune a unuia scoaterea din funcțiune a unui număr mare de celule.

În această variantă, în afara pupitrului ce conține completele de comandă, există un tablou sinoptic ce reproduce starea de funcționare a circuitelor stației.

Pentru comandă este necesară o dublă selecție, și anume :

— selectarea cîmpului ;

— selectarea aparatului din cadrul cîmpului.

Se observă că, în cazul variantelor cu preselecție, manevrele de comandă la distanță sînt mai complicate, ceea ce constituie un impediment, în special în situații de avarie, cînd numărul de manevre și ritmul de execuție a lor sînt ridicate.

La adoptarea unei soluții cu preselecție nu există argumente hotărîtoare pentru alegerea selecției aparatului sau a selecției cîmpului. Se poate totuși afirma că se va acorda preferință sistemului de preselecție cu selecția aparatului în cazul cînd schemele diferitelor celule comandate diferă mult între ele.

II. *Tehnica curenților slabi* rezolvă toate problemele legate de miniaturizarea camerelor de comandă (miniaturizarea se referă la conturul operativ).

În această tehnică se folosesc tensiuni pînă la 60 V și intensități de curent pînă la 200 — 300 mA.

Aparatele utilizate sînt de dimensiuni foarte mici, conductorii de legătură au de asemenea secțuni reduse (sub 1 mm^2).

Datorită faptului că la tensiuni mici rezistențele de contact au mare importanță, conexiunile se fac prin lipire.

Releele auxiliare de trecere de la tensiunea intermediară (24, 48 V) la tensiunea de acționare (220 V) — numite și relee de conversiune — sînt montate în dulapurile locale ale celulelor stației. Aceste relee trebuie să aibă un consum foarte mic, iar contactele lor să suporte curenții absorbiți de bobinele de acționare a aparatelor de comutare.

În figura 2 sînt indicate cîteva soluții de realizare în tehnica curenților slabi.

În varianta „d" este reprezentată o soluție cu chei de comandă miniaturizată și relee de conversiune.

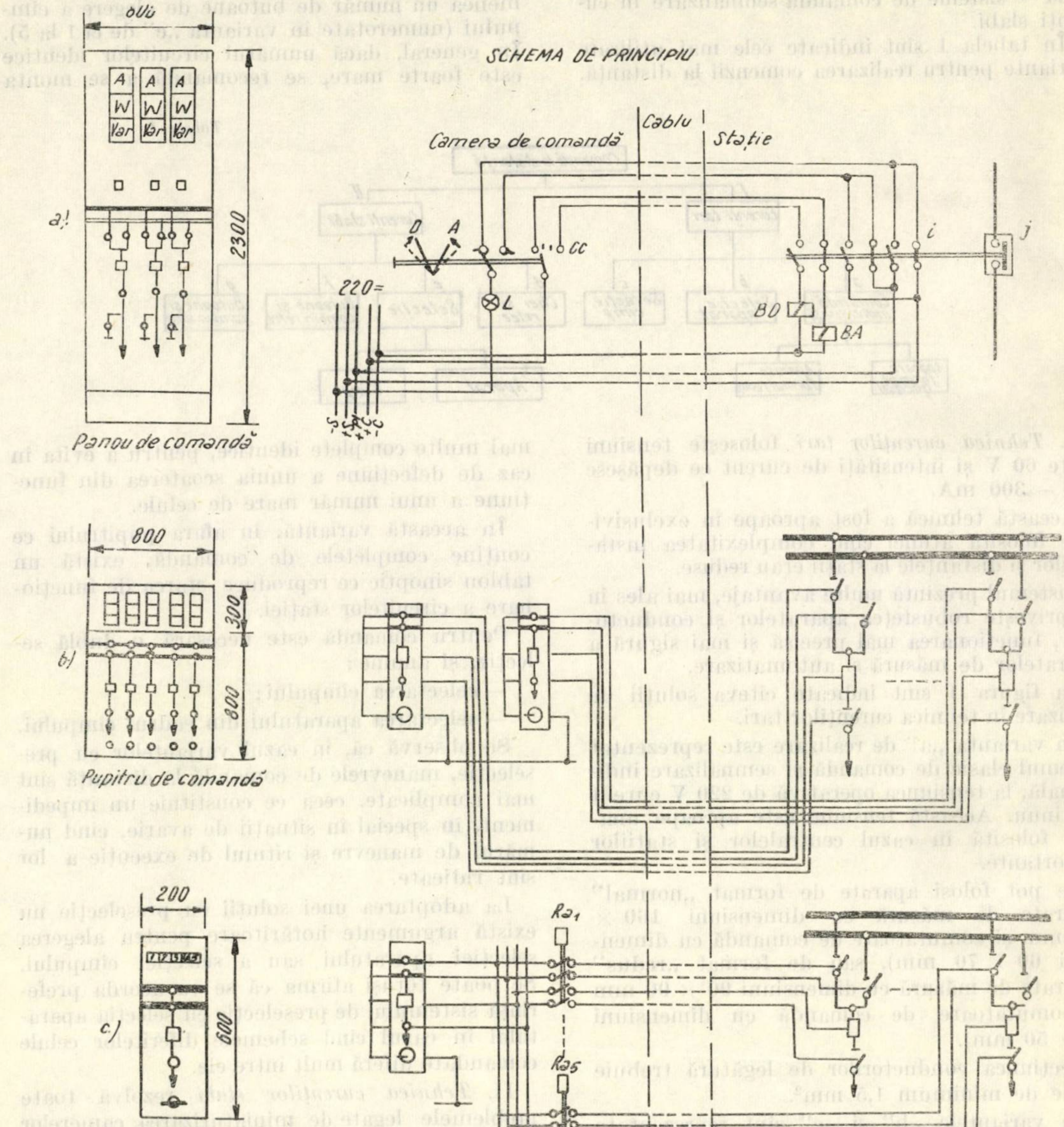

600
A
W
Var
a)
2300
Panou de comandă
SCHEMA DE PRINCIPIU
Cablu
Camera de comandă
Stație
D
A
CC
220=
L
i
j
BD
BA
800
300
800
b)
Pupitru de comandă
200
600
c)
Complet de comandă
Ra1
Ra5

Fig. 1. Comanda în curenți tari:

a — comandă directă prin cheie; *b* — comandă cu preselecția aparatului; *c* — comandă cu preselecția cîmpului; *cc (L)* — cheie de comandă cu lampă inclusă; *i* — contacte auxiliare ale întrerupătorului; *BA*, *BD* — bobine de acționare a întrerupătorului; *1* ... *5* — butoane de alegere a cîmpului; $Ra_1 \ldots Ra_5$ — relee de alegere a cîmpului.

Cheile de comandă se pot monta pe pupitre sau tablouri de comandă. Aparatele de măsură sînt format redus (latura de 90 mm sau 70 mm).

În varianta „e” este reprezentată o soluție cu comandă cu preselecția aparatului. Ordinul de comandă se dă prin cheie, după ce, în prealabil, a fost selectat prin buton aparatul ce se dorește a fi acționat. În afara releelor de conversiune, există în acest caz și relee de alegere, montate în camera de comandă.

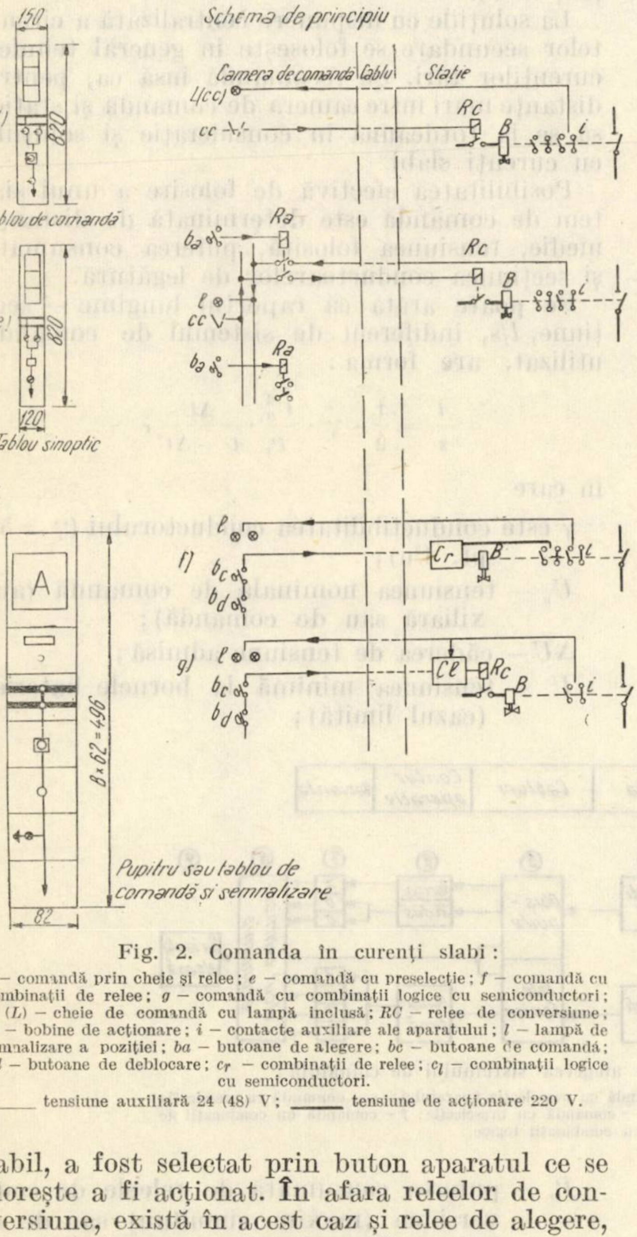


Fig. 2. Comanda în curenți slabi :

d – comandă prin cheie și relee ; *e* – comandă cu preselecție ; *f* – comandă cu combinații de relee ; *g* – comandă cu combinații logice cu semiconductori ; *cc* (*L*) – cheie de comandă cu lampă inclusă ; *RC* – relee de conversiune ; *B* – bobine de acționare ; *i* – contacte auxiliare ale aparatului ; *l* – lampă de semnalizare a poziției ; *ba* – butoane de alegere ; *bc* – butoane de comandă ; *bd* – butoane de deblocare ; c_r – combinații de relee ; c_l – combinații logice cu semiconductori.

______ tensiune auxiliară 24 (48) V ; ______ tensiune de acționare 220 V.

La fel ca și la varianta „c”, și uneori și la varianta „b”, și în acest caz există, în afara pupitrului de comandă, și un tablou sinoptic. Rezultă pentru aceste variante că, deși spațiul de manevră propriu-zis este foarte redus, spațiul efectiv ocupat în camera de comandă este mai mare.

Cu excepția variantei „a”, în toate celelalte variante indicate mai sus s-au realizat și soluții constructive ale tablourilor și pupitrelor folosind tehnica modulării.

Sînt cunoscute pentru aceste variante două soluții de modulare, și anume :

— modularea pe întreg circuitul comandat ;
— modularea pe fiecare aparat.

Tehnica modulării prezintă avantaje deosebite în ceea ce privește execuția pupitrelor și tablourilor, precum și în înlocuirea, adoptarea sau extinderea unei instalații sau părți de instalație.

Pornind de la ideile arătate mai sus, s-a dezvoltat în ultimul timp o serie întreagă de execuții normalizate pentru modulare, diferite bineînțeles de la o firmă la alta, atît în ce privește dimensiunile casetelor, cît și în realizarea constructivă propriu-zisă. Se remarcă însă că, în toate soluțiile nou apărute, modularea se face pe casete individuale (tehnica mozaic, baukasten etc.).

De asemenea, în majoritatea acestor soluții, comenzile se execută prin butoane [1], [4], [8], [12].

În variantele „f” și „g” sînt reprezentate două sisteme de comandă folosind casete modulate, comanda realizîndu-se cu butoane. Aceste tipuri de casete au fost de curînd asimilate și la noi în țară, sistemul de comandă cu casete primind denumirea de „UNIMOD”.

În varianta „f” este reprezentată schema de comandă cu butoane și combinații de relee, iar în varianta „g” schema de comandă cu butoane și combinații logice cu semi-conductori.

În ambele variante, pentru execuția unei comenzi, este necesară apăsarea simultană pe două butoane : butonul de deblocare al cîmpului și butonul de comandă al aparatului ce se dorește a fi acționat. În acest fel se împiedică acționarea intempestivă, la apăsarea din greșeală a unui buton de comandă.

Semnalizarea poziției aparatelor se realizează prin lămpi incluse în casete și a căror lumină (roșu pentru poziția închis și verde pentru poziția deschis) este vizibilă prin butonul de comandă translucid.

În acest fel, soluția prezintă un avantaj deosebit prin faptul că pupitrul sau tabloul de comandă este în același timp și tablou sinoptic pentru urmărirea stării instalației. Schemele funcționează totdeauna cu lămpile de poziție aprinse.

În ce privește varianta „g”, care utilizează circuite logice cu semi-conductori, aceasta prezintă numeroase avantaje în ceea ce privește nivelul mic al puterilor consumate, dimensiuni foarte reduse, realizarea din elemente componente și obținerea comodă a tuturor blocajelor și a gradului de supraveghere dorit [1], [2], [4], [6], [14].

Totuși aplicarea acestor soluții suscită acum multe discuții, în special în ceea ce privește gradul de siguranță în funcționare, anumite firme propunînd utilizarea unor soluții combinate, cu elemente electronice și relee, precum și ridicarea tensiunii auxiliare de la 24 la 48 V [1].

O instalație folosind elemente logice cu semiconductori (UNILOG) la 24 V este în curs de execuție la noi în țară.

Criterii de alegere a sistemului de comandă și semnalizare

La alegerea sistemului de comandă și semnalizare pentru centrale sau stații trebuie avut în vedere modul general de rezolvare a circuitelor secundare.

Astfel, hotărîtor pentru alegerea soluției se consideră a fi următorii factori :

— importanța instalației ;

— tipul instalației (de exterior sau de interior) ;

— modul de dispunere a echipamentului de circuite secundare ;

— mărimea camerei de comandă ;

— distanța medie între camera de comandă și stație ;

— puterea consumată de bobine, relee, ventile ;

— siguranța de funcționare ;

— costul instalației de comandă și semnalizare.

În figura 3 este reprezentat un grafic orientativ, cuprinzînd succesiunea operațiilor pentru alegerea sistemului de comandă, etapele (notate corespunzător și în figură) fiind următoarele :

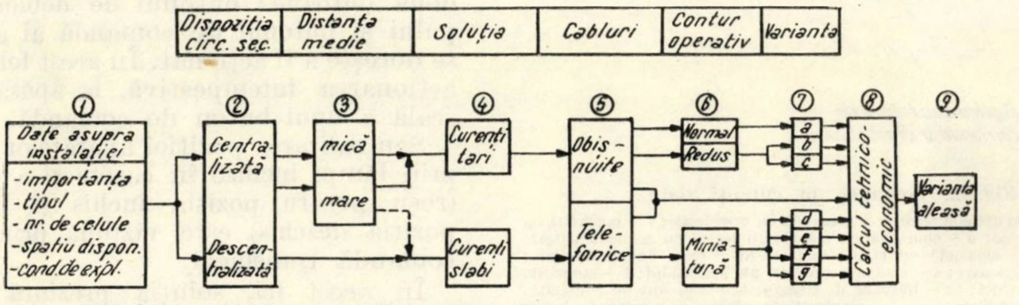


Fig. 3. Succesiunea operațiilor pentru alegerea sistemului de comandă :
curenți tari : *a* — comandă individuală cu cheie ; *b* — comandă cu preselecția aparatului ; *c* — comandă cu preselecția cîmpului ; *curenți slabi* : *d* — comandă cu cheie și relee ; *e* — comandă cu preselecție ; *f* — comandă cu combinații de relee ; *g* — comandă cu combinații logice.

1. Pentru fiecare caz este necesară stabilirea datelor generale asupra instalației.

2. În funcție de aceste date generale, se adoptă modul de dispunere a echipamentului de protecție și contorizare (dispunerea centralizată sau descentralizată).

În acest sens apare avantajos ca pentru stații exterioare cu tensiuni de 110 kV (cu număr mare de celule) sau mai mari, precum și pentru stații de tip interior, indiferent de tensiune, să se prefere instalarea releelor de protecție și a contoarelor în stația de înaltă tensiune. Pe circuitele trifazate simetrice ale acestor stații se pot utiliza, pentru măsura puterilor și energiilor în camera de comandă, aparate monofazate înregistratoare, simplificînd în acest mod și mai mult circuitele de legătură [11].

3. La soluțiile cu dispunere descentralizată a circuitelor secundare se pretează utilizarea unui sistem de comandă în curenți slabi (24, 48 V).

La soluțiile cu dispunere centralizată a circuitelor secundare se folosește în general tehnica curenților tari. Se recomandă însă ca, pentru distanțe mari între camera de comandă și stație, să se ia totdeauna în considerație și soluțiile cu curenți slabi.

Posibilitatea efectivă de folosire a unui sistem de comandă este determinată de distanța medie, tensiunea folosită, puterea consumată și secțiunea conductoarelor de legătură.

Se poate arăta că raportul lungime — secțiune, l/s, indiferent de sistemul de comandă utilizat, are forma :

$$\frac{l}{s} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot \frac{U_n^2}{P_r} \cdot \frac{\Delta U}{U - \Delta U},$$

în care

γ este conductibilitatea conductorului ($\gamma = 58$ pt. Cu) ;

U_n — tensiunea nominală de comandă (auxiliară sau de comandă) ;

ΔU — căderea de tensiune admisă ;

U — tensiunea minimă la bornele bateriei (cazul limită) ;

P_r — puterea consumată de releele de conversiune (maxim simultan) sau de o bobină de acționare.

În diagrama din figura 4 se arată dependența dintre puterile consumate de relee (bobine) la diverse tensiuni (24, 48, 220 V) și lungime, pentru secțiunile uzuale ale conductorilor de circuite secundare.

O mărire a lungimii, în aceleași limite de cădere de tensiune, se poate obține prin multiplicarea secțiunii conductorilor de întoarcere (punerea în paralel a mai multor conductori), după cum se arată în figura 5.

Se observă că o mărire a acestei secțiuni de peste trei ori este neesențială în creșterea distanței și deci neeconomică.

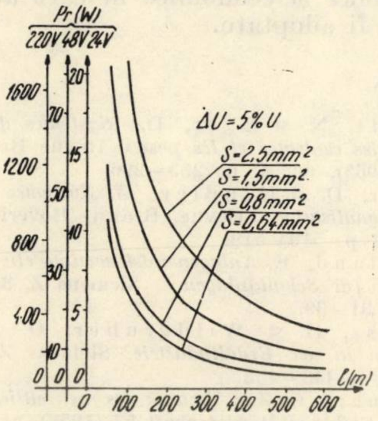


Fig. 4. Dependența distanțelor de comandă în funcție de puterile consumate la diverse tensiuni și de secțiunea conductorilor.

Din diagramele din figurile 4 și 5 rezultă următoarele considerații :

— *Tensiunea de comandă directă de 220 V*, folosind conductori cu secțiunea de 1,5 mm², este posibil de a fi aplicată pînă la distanțe de aproximativ 200 m. Pentru distanțe mai mari, poate rezulta necesară mărirea secțiunii conductorilor la 2,5 mm² (vezi pct. 9).

— *Tensiunea auxiliară de comandă de 48 V*, folosind conductori cu secțiunea de 0,8 mm², se poate utiliza pentru aproape toate cazurile întîlnite în practică (lungimi $\leqslant$ 300 m). Pentru lungimi mai mari de 300 m este necesară multiplicarea secțiunii conductorilor de întoarcere (s-au luat în considerare releele de fabricație curentă în țară, care au un consum de circa 8 W).

— *Tensiunea auxiliară de comandă de 24 V*, în variantele din figura 2 (*d*, *e* și *f*), are un domeniu limitat de aplicabilitate (circa 100 m pentru conductori cu secțiunea de 0,8 mm²), datorită în special consumului ridicat al releelor. Din această cauză se impune de urgență asimilarea unor relee cu consum mic (2 – 3 W) și siguranță sporită în funcționare. Pentru varianta „*g*", folosind conductori cu secțiunea de 0,64 mm², distanța maximă este de 300 m [4].

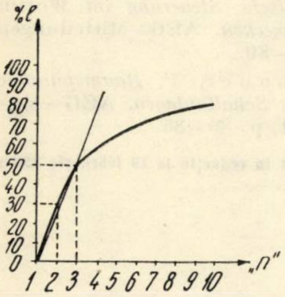


Fig. 5. Creșterea procentuală a distanței în funcție de raportul *n* dintre secțiunea conductorilor de întoarcere și secțiunea conductorilor individuali.

4. În legătură cu alegerea soluției — curenți tari sau curenți slabi — se pare că pentru dispuneri descentralizate ale circuitelor secundare este totdeauna favorabilă folosirea tehnicii curenților slabi.

Pentru dispuneri centralizate ale circuitelor secundare, alegerea soluției va putea rezulta din datele și considerațiile de la pct. 3.

5. Pentru soluțiile cu curenți tari se folosesc cabluri multifilare cu secțiunea conductorilor de 1,5 mm² și 2,5 mm².

Pentru soluțiile cu curenți slabi se folosesc cabluri telefonice cu secțiunea conductorilor de 0,64 mm² și 0,8 mm². În cazul cablurilor telefonice există și avantajul de a se utiliza un singur cablu pentru realizarea comenzilor și semnalizărilor la mai multe celule de înaltă tensiune.

6. În privința mărimii conturului operativ al camerelor de comandă, se indică, în tabela 2, spațiul ocupat în fiecare variantă, procentual din varianta clasică cu comandă individuală cu chei de comandă și aparate de măsură de format mare.

Tabela 2

		Varianta	Suprafața, %
I	Curenți tari	a) Comandă individuală cu chei	100
		b) Comandă cu preselecția aparatului	44
		c) Comandă cu preselecția cîmpului	37
II	Curenți slabi	d) Comandă cu chei și relee	31
		e) Comandă cu preselecție	25
		f) Comandă cu butoane și combinații de relee	10
		g) Comandă cu butoane și combinații logice	10

Din tabelă se remarcă în mod deosebit variantele „f" și „g", cu casete modulate.

7. Variantele indicate în figura 3 nu sînt limitative în ce privește numărul sau modul de realizare, alegerea soluției fiind determinată în cea mai mare măsură de posibilitățile de aparataj.

8. Pentru fiecare caz concret este necesară efectuarea unui calcul tehnico-economic pentru alegerea variantei, după analiza prealabilă a posibilității de folosire a fiecăreia, conform 3, 5 și 7.

Informativ, în figura 6 sînt reproduse [4] variațiile procentuale ale costurilor diverselor instalații de comandă, față de varianta clasică „a", cu comandă individuală prin cheie, în funcție de distanță.

9. Din această diagramă rezultă că sistemul cu combinații logice cu semi-conductori este cel mai scump, indiferent de lungime, și că la stadiul actual de dezvoltare a tehnicii de co-

mandă la noi se recomandă a se lua în considerație următoarele variante în ordine:

— comandă directă cu chei individuale de format redus (pentru stații mici, cu dispunere centralizată a circuitelor secundare și pînă la distanțe de circa 200 m, precum și pentru stații mari cu dispunere descentralizată (la distanțe pînă la circa 350 m), în cazurile în care cheia de comandă nu acționează direct bobinele aparatelor, ci asupra unor relee intermediare avînd aceeași tensiune de alimentare ca a bobinelor;

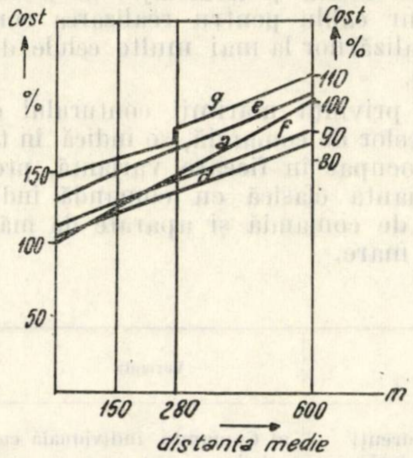


Fig. 6. Influența distanței asupra costului instalației de comandă:

a — comandă directă cu chei (100%); *d* — comandă cu chei și relee; *e* — comandă indirectă la alegere; *f* — comandă cu butoane și combinații de relee; *g* — comandă cu butoane și combinații logice cu semiconductori.

— comandă indirectă cu chei miniatură și relee;

— comandă indirectă cu butoane și combinații de relee.

Se va acorda prioritate sistemului de comandă cu butoane și combinații de relee în domeniul în care acesta este aplicabil (distanțe pînă la 100 m), întrucît sistemul este asimilat în țară, iar diferența de preț față de soluția cu chei (import) și relee este relativ mică (10%).

O dată cu fabricarea în țară și a unor relee cu consum redus (2 — 3 W), domeniul de aplicare se va mări corespunzător. Se consideră însă cel puțin la fel de utilă și asimilarea de chei de format redus și miniatură.

În aceeași măsură se consideră necesară experimentarea în continuare a sistemelor electronice de comandă, în vederea stabilirii condițiilor tehnice și economice în care acestea urmează a fi adoptate.

Bibliografie

[1] Kraft, N. și Eger, D. *Systèmes de commande dans les centrales et les postes.* Revue Brown—Boveri 52 (1965), nr. 4, p. 283—296.

[2] Eger, D. și Kindler, G. *Systèmes électroniques de signalisation.* Revue Brown—Boveri 50 (1963), nr. 8, p. 516—519.

[3] Weiland, E. *Anlagenbildsteuerung- ein neues Steuersystem für Schaltanlagen.* Siemens Z. 34 (1960), nr. 2, p. 31—39.

[4] Weisz, H. și Wildgruber, O. *Elektroschaltwarten in der Erdőlindustrie.* Siemens Z. 37 (1963), nr. 6, p. 448—453.

[5] Meiners, G. *Zur Technik des neuzeitlichen Wartenbaus.* Elektrizitätswirtschaft 57 (1958), nr. 8, p. 213—215.

[6] Hahn, R. *Schallfehlerschutz und kontaklase Steuerung.* ETZ-A 83 (1962), nr. 7, p. 225—230.

[7] Schimitz, H. *Begriffe und Entwicklungstendenzen in der Bedienungstechnik für Schaltanlagen.* Elektrizitätswirtschaft 64 (1965), nr. 2, p. 29—36.

[8] * * * *Schaltwarten für Umspannwerke.* SSW 458/218.

[9] Kürner, H., Piening, J. și Sinn, G. *SIMATIC N, un système de circuits de commande basse fréquence à semiconducteurs au silicium.* Revue Siemens 23 (1965), nr. 4, p. 117—123.

[10] Negreanu, C. *Studiul oportunității adoptării schemelor de măsură și comandă cu alegere în termocentrale și stații electrice.* ISPE, 1962.

[11] * * * *Amplasarea echipamentului de înaltă tensiune la stații electrice cu tensiunea cea mai înaltă 110 kV și mai mult.*

Sisteme de comandă pentru aparatajul de conectare de la centrale și stații.

Aparataj de măsurare la stațiile de înaltă tensiune.

ISPE — Buletin informativ al secției electrice E, 1 iulie 1967, p. 11—16.

[12] Stranzenbach, H. *Bausteine der AEG—Kleinwartentechnik.* AEG Mitteilungen 57 (1967), nr. 6, p. 331—334.

[13] Hügin, K. N. *Die BBC — Tastenanwahlsteuerung für programmgesteuerte Schaltanlagen.* BBC — Nach. 47 (1965), nr. 5, 223—230.

[14] Heilman, H. *Elektronische Steuerung im Warten von Kraft- und Umspannwerken.* AEG—Mitteilungen 53 (1963), nr. 3/4, p. 75—80.

[15] Dieshl, H. și Jungbauer, F. *Raumsparende Melde und Steuergeräte für Schaltanlagen.* AEG—Mitteilungen 53 (1963) nr. 3/4, p. 80—85.

(Articol intrat în redacție la 19 februarie 1968)

Scheme de comandă, semnalizare şi blocaj cu elemente UNILOG utilizate în automatizarea centralelor şi staţiilor electrice

Ing. D. Mark, ing. Em. Simovici, ing. C. Stoianovici, ing. Fl. Munteanu şi ing. Ad. Ionescu*)

Stadiul actual de dezvoltare a centralelor termoelectrice se caracterizează prin sporirea considerabilă a ponderii şi importanţei instalaţiilor de automatizare.

Principalii factori care au dus la această stare de lucruri sînt :

— necesitatea creşterii siguranţei în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor ;

— complexitatea din ce în ce mai mare a conducerii operative a procesului tehnologic ;

— posibilitatea de a obţine mărirea economicităţii exploatării, scăderea consumurilor specifice, reducerea volumului de reparaţii, sistematizarea activităţii personalului de exploatare într-un moment în care nu mai sînt de aşteptat îmbunătăţiri substanţiale ale performanţelor centralelor termoelectrice ca urmare a modificării echipamentelor şi schemelor termice.

Creşterea volumului şi complexităţii părţii de automatizare a impus reorganizarea pe noi baze a sistemelor de conducere operativă a proceselor tehnologice în centrale. Astfel, pe partea tehnologică, instalaţia a fost împărţită în grupe funcţionale care cuprind părţile din instalaţie şi aparatajul destinat realizării unui proces parţial, de sine stătător. (O astfel de grupă funcţională este, de pildă, aceea a ventilatoarelor de gaze arse, care cuprinde ventilatoarele, clapetele de reglaj şi clapetele de închidere). În funcţie de complexitatea ei, fiecare grupă funcţională poate fi subîmpărţită în una sau mai multe subgrupe funcţionale care cuprind elementele comandate. (În exemplul citat mai sus, grupa funcţională a ventilatoarelor de gaze arse este constituită din două subgrupe, cîte una pentru fiecare ventilator). Pe partea de automatizare (fig. 1), aceasta se traduce prin realizarea unui sistem ierarhic de comandă şi reglaje pentru fiecare grupă funcţională.

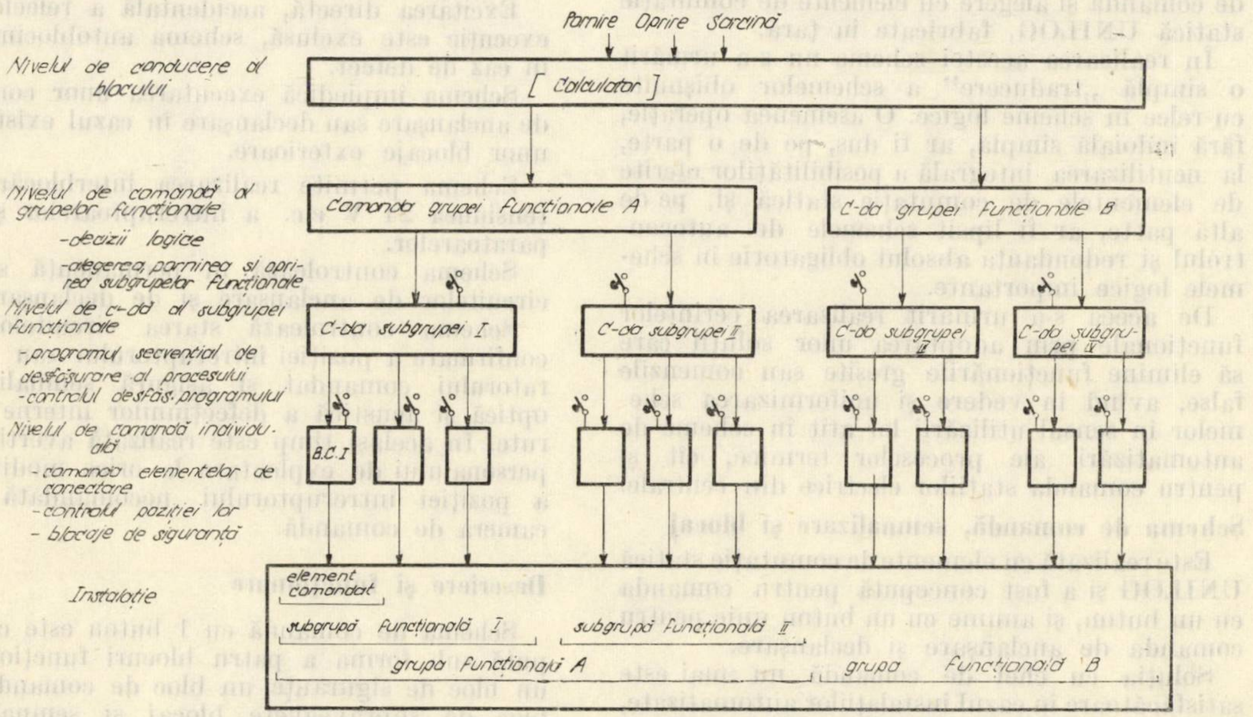

Pornire Oprire Sarcină
Nivelul de conducere al blocului
[Calculator]
Nivelul de comandă al grupelor funcţionale
-decizii logice
-alegerea, pornirea şi oprirea subgrupelor funcţionale
Comanda grupei funcţionale A
C-da grupei funcţionale B
Nivelul de c-dă al subgrupei funcţionale
-programul secvenţial de desfăşurare al procesului
-controlul desfăş. programului
C-da subgrupei I
C-da subgrupei II
C-da subgrupei III
C-da subgrupei IV
Nivelul de comandă individuală
-comanda elementelor de conectare
-controlul poziţiei lor
- blocaje de siguranţă
B.C.I
Instalaţie
element comandat
subgrupă funcţională I
subgrupă funcţională II
grupa funcţională A
grupa funcţională B

Fig. 1. Modul de organizare a comenzii grupurilor funcţionale în centrală.

În cadrul acestui sistem, schemele aferente nivelului individual de comandă trebuie să prezinte o siguranţă în funcţionare deosebită, deoarece ele realizează legătura între partea de comandă şi instalaţia tehnologică.

Acest lucru face ca în cadrul planului de realizare a automatizării complexe a centralelor să se acorde o mare importanţă schemelor individuale de comandă, urmărind ca acestea să îndeplinească în principiu următoarele condiţii :

— să ofere o siguranţă sporită în funcţionare şi un grad ridicat de disponibilitate, astfel încît să poată fi păstrate intacte avantajele oferite de automatizarea complexă a centralei;

---

*) Ing. D. Mark este consilier la ISPE ; Em. Simovici este inginer proiectant şef la ISPE ; C. Stoianovici, Fl. Munteanu şi Ad. Ionescu sînt ingineri principali la ISPE.

— comanda să poată fi dată atît manual cît și automat, de la nivelul de comandă al subgrupei sau grupei funcționale;

— să nu permită darea unor comenzi false datorită unor defecțiuni interne ale schemei sau instalației;

— să asigure supravegherea și semnalizarea clară a tuturor regimurilor de funcționare ale elementului comandat;

— să permită extinderea fără modificări a nivelului de automatizare din centrală.

Toate aceste criterii sînt greu de îndeplinit utilizînd relee obișnuite. Instalațiile complexe rezultă voluminoase, contactele mecanice reprezintă puncte nesigure, comenzile false sînt posibile, iar funcțiunile complicate sînt practic greu de realizat.

Acest lucru a determinat orientarea proiectanților spre utilizarea elementelor de comutație statică.

Ocupînd un volum mic, avînd o viață lungă de funcționare, prezentînd o siguranță mare, elementele de comutație statică, grupate în sisteme logice, oferă posibilitatea realizării unor instalații de automatizare cu caracteristici tehnice superioare.

Recent în ISPE s-au elaborat primele scheme de comandă și alegere cu elemente de comutație statică UNILOG, fabricate în țară.

În realizarea acestei scheme nu s-a urmărit o simplă „traducere" a schemelor obișnuite cu relee în scheme logice. O asemenea operație, fără îndoială simplă, ar fi dus, pe de o parte, la neutilizarea integrală a posibilităților oferite de elementele de comutație statică și, pe de altă parte, ar fi lipsit schemele de autocontrolul și redondanța absolut obligatorie în schemele logice importante.

De aceea s-a urmărit realizarea cerințelor funcționale prin adoptarea unor soluții care să elimine funcționările greșite sau comenzile false, avînd în vedere și uniformizarea schemelor în sensul utilizării lor atît în scheme de automatizări ale proceselor termice, cît și pentru comanda stațiilor electrice din centrale.

Schema de comandă, semnalizare și blocaj

Este realizată cu elemente de comutație statică UNILOG și a fost concepută pentru comanda cu un buton, și anume cu un buton unic pentru comanda de anclanșare și declanșare.

Soluția cu chei de comandă nu mai este satisfăcătoare în cazul instalațiilor automatizate, deoarece orice comandă automată normală a unui dispozitiv ar provoca pîlpîirea lămpii din cheia lui de comandă, pîlpîire care ar trebui anulată de personalul de exploatare.

Acest dezavantaj dispare prin utilizarea schemelor comandate cu butoane cu revenire.

Semnalizarea de poziție se realizează în acest caz pe contactele auxiliare ale elementului comandat, cu lămpi de culori distincte (roșu — anclanșat, alb — declanșat), iar semnalul de avarie apare la orice comutare care nu are drept cauză o comandă manuală sau automată dată din camera de comandă.

Comanda cu un buton permite utilizarea elementelor miniaturizate din seria UNIMOD (asimilate de I.I.S. „Automatica"), fapt care are drept consecință reducerea apreciabilă a dimensiunilor pupitrelor și tablourilor sinoptice și deci a camerelor de comandă.

Principalele caracteristici funcționale ale schemei sînt:

— schema poate fi utilizată pentru comanda oricărui tip de întreruptor de joasă sau înaltă tensiune, sincronizabil sau nesincronizabil;

— schema poate fi utilizată pentru comanda separatoarelor;

— schema poate fi comandată atît manual — printr-un buton unic pentru anclanșare și declanșare — cît și automat.

În acest fel, schema de comandă poate fi socotită ultimul nivel dintr-o instalație de automatizare eșalonată pe nivele subordonate de automatizare.

Schema este asigurată împotriva comenzilor false. O comandă se dă totdeauna pe două căi distincte, și numai coincidența acestora determină executarea ordinului.

Excitarea directă, accidentală a releelor de execuție este exclusă, schema autoblocîndu-se în caz de defect.

Schema împiedică executarea unor comenzi de anclanșare sau declanșare în cazul existenței unor blocaje exterioare.

Schema permite realizarea interblocării la tensiunea 24 V c.c. a întreruptoarelor și separatoarelor.

Schema controlează în permanență starea circuitelor de anclanșare și de declanșare.

Schema controlează starea circuitelor de confirmare a poziției întreruptorului sau separatorului comandat și asigură semnalizarea optică și acustică a defecțiunilor interne apărute. În același timp este realizată avertizarea personalului de exploatare la orice modificare a poziției întreruptorului necomandată din camera de comandă.

Descriere și funcționare

Schema de comandă cu 1 buton este concepută sub forma a patru blocuri funcționale: un bloc de siguranțe, un bloc de comandă, un bloc de supraveghere blocaj și semnalizare și un bloc de relee.

a) *Comanda* poate fi manuală sau automată. Comanda manuală se dă cu ajutorul unui buton unic (*Bc*) pentru anclanșare și declanșare.

Pentru a evita manevrele greșite, comanda efectivă se dă numai la apăsarea simultană a butonului de comandă și a unui buton special de deblocare. Siguranţa funcţionării este mărită şi prin faptul că orice comandă se execută numai dacă ajunge în schemă simultan pe două căi : una de lucru şi alta de control. Calea de lucru fiind separată prin diode de cea de control chiar de la ieşirea din butonul de comandă, apariţia unui semnal fals pe una din căi nu prezintă pericol.

Felul comenzii, anclanşare sau declanşare, este determinat de starea din acel moment a întreruptorului. Dacă întreruptorul este anclanşat, singura comandă care poate fi executată este aceea de declanşare. Invers, dacă întreruptorul este declanşat, schema nu poate permite decît un ordin de anclanşare. Această analiză o efectuează blocul de comandă pe baza semnalelor de confirmare de poziţie ale întreruptorului. În acelaşi timp, blocul de comandă verifică îndeplinirea tuturor condiţiilor de care este legată corecta executare a unei manevre.

Astfel, pentru ca o comandă de anclanşare să se poată executa, trebuie să fie simultan îndeplinite următoarele condiţii :

— întreruptorul să fie declanşat ;

— să existe simultan impuls de comandă atît pe calea de lucru cît şi pe calea de control ;

— blocurile schemei de comandă să fie toate corect introduse în conectoare ;

— să nu existe nici un blocaj impus de instalaţia tehnologică sau de configuraţia schemei primare în care se află conectat elementul comandat ;

— să nu fie în curs de executare operaţia inversă, de declanşare.

Dacă anclanşarea întrerupătorului trebuie făcută cu verificarea condiţiilor de sincronizare, atunci suplimentar mai trebuie ca :

— releul de sincronizare (*R Si*) să fie ales ;

— să fie stabilit regimul de lucru pentru sincronizare : manual sau automat.

În cazul sincronizării manuale, alegerea regimului de lucru (,,manual") deblochează doar schema, comanda dîndu-se cu ajutorul butonului de comandă la constatarea îndeplinirii condiţiilor de sincronizare. În cazul sincronizării automate, la îndeplinirea condiţiilor de sincronizare, deblocarea şi comanda de anclanşare se dau automat. Comenzile automate ce se pot da schemei de comandă sînt practic de două feluri : comenzi obişnuite, considerate ca normale, şi comenzi speciale, a căror execuţie este însoţită de apariţia unui semnal de avarie. În această a doua categorie pot intra comenzile primite din schemele de AAR, sau aşa-numitele ,,blocaje active", comenzi de a căror execuţie personalul de exploatare trebuie neapărat avertizat.

b) *Blocul de supraveghere, blocaj şi semnalizare* are rolul de a împiedica orice funcţionare necomandată a schemei, funcţionare care s-ar putea datora unor defecţiuni interioare (străpungerea unui amplificator de ieşire etc.) sau unor puneri accidentale la masă ale circuitelor de anclanşare sau de declanşare. Acest bloc supraveghează circuitele releelor intermediare *RIA*, *RID* şi calea de control a comenzii. Dacă pe unul din circuitele releelor *RIA*, *RID* apare o comandă fără ca aceasta să fi fost dată şi pe calea de control a comenzii, blocul le împiedică funcţionarea, determinînd întreruperea tensiunii lor de alimentare.

Al doilea rol al acestui bloc este de a bloca schema şi de a avertiza personalul de exploatare de întreruperea circuitelor de anclanşare sau de declanşare (*RIA*, *RID*).

În ambele cazuri, blocul de supraveghere determină excitarea unui releu de blocaj, *RB*, aflat pe blocul de relee. Alimentarea releelor intermediare (*RIA*, *RID*) făcîndu-se printr-un contact normal închis al lui *RB*, excitarea acestuia echivalează cu blocarea oricărei comenzi.

Un alt rol al acestui bloc este de a supraveghea circuitele de confirmare de poziţie ale întreruptorului şi de a le compara cu starea căii de control a comenzii. Orice comutare a întreruptorului necomandată din camera de comandă determină funcţionarea releului de semnalizare *RS* de pe blocul de relee. Acest releu comută lampa corespunzătoare poziţiei declanşat a întreruptorului (*LD*) din circuitul contactului normal închis al întreruptorului pe o baretă de pîlpîire.

Acelaşi bloc are şi rolul de a anunţa personalul de exploatare de ruperile sau atingerile circuitelor de confirmare de poziţie.

Semnalizările schemei de comandă sînt practic de trei feluri : de poziţie, de avarie şi preventive.

Semnalizarea de poziţie se face cu ajutorul unor lămpi de culori diferite (alb—declanşat, roşu—anclanşat), legate în circuitele contactelor auxiliare ale întreruptorului. De remarcat că acestea sînt aceleaşi contacte care trimit şi semnalele logice de confirmare în schema de comandă. Se vede deci că practic se utilizează numai o pereche de contacte ale căror circuite sînt supravegheate.

Semnalele de avarie apar atît la schimbarea poziţiei întreruptorului, necomandată din camera de comandă, cît şi în caz de defecţiuni în circuitele de confirmare de poziţie, defecţiuni care ar putea periclita buna funcţionare a schemei.

Schimbarea necomandată a poziţiei întreruptorului poate avea drept cauze funcţionarea protecţiei sau acţionarea lui locală, din staţie.

În ambele cazuri, personalul din camera de comandă este avertizat de noua situaţie prin pîlpîirea lămpii de declanşat *LD* şi printr-un semnal acustic. Anularea pîlpîirii se face apăsînd butonul de comandă *Bc* (fără a apăsa și butonul de deblocare), simulînd deci o comandă.

Practic, sesizarea avariei se face constatînd o comutare a întreruptorului (pe baza semnalelor „O, O" din circuitele de confirmare) necomandată din camera de comandă (semnal „O" pe calea de control a comenzii).

În funcționare normală, semnalizarea este blocată de impulsul de comandă. Există însă practic riscul ca, operatorul dînd o comandă, întreruptorul să anclanșeze pe un defect și să fie imediat declanșat prin protecție, înainte chiar ca operatorul să fi luat mîna de pe butonul de comandă. În acest caz, semnalizarea de avarie ar fi blocată și operatorul ar constata doar reaprinderea lămpii de declanșat. Pentru a evita acest fenomen, blocul de supraveghere a fost prevăzut cu o intrare specială, prin care se aduce un impuls de la releul de ieșire al protecției. Acest semnal provoacă pîlpîirea lămpii din butonul de comandă. În acest fel, dacă protecția a lucrat, chiar dacă operatorul se află cu mîna pe butonul de comandă, semnalizarea de avarie are loc, ea fiind comandată direct.

Semnalizarea de avarie apare și în cazul în care are loc o atingere sau o întrerupere a circuitelor de confirmare. Defectul fiind însă de durată, apăsarea pe butonul de comandă nu mai poate duce la anularea pîlpîirii. Acest lucru se poate realiza numai după remedierea defectului. Rezultă de aici și modul de determinare a naturii unui defect anunțat prin pîlpîirea lămpii de pe tabloul sinoptic: dacă pîlpîirea poate fi anulată, a avut loc o comutare necomandată din camera de comandă, iar dacă nu poate fi anulată, există un defect în circuitele de confirmare.

Din analiza celor de mai sus rezultă că sfera semnalizării de avarie s-a extins, ea anunțînd și defecțiunile apărute pe circuitele de confirmare. Acest lucru este normal deoarece în schema de comandă cu un singur buton circuitele de confirmare joacă un rol vital, ele fiind acelea care de fapt determină natura comenzilor.

Semnalele preventive sînt: arderea siguranțelor de 24 V ale schemei de comandă, arderea siguranțelor de 220 V din celulele de înaltă tensiune și funcționarea releului de blocaj.

Toate aceste defecte sînt anunțate local — prin aprinderea lămpii corespunzătoare de pe blocul cu relee și a lămpii generale de pe dulap (*LDD*) — și în camera de comandă, prin aprinderea lămpii de semnalizare (*LSD*), aflată în caseta de comandă a întreruptorului respectiv. În același timp, toate aceste semnale se dau prin trei barete în schema de semnalizări preventive.

Defectele se depistează deosebit de ușor. La arderea unei siguranțe de 24 V, de pildă, sună soneria și pîlpîie în camera de comandă lampa de semnalizare corespunzătoare baretei „ardere sig. 24 V". Natura defectului este deci stabilită, locul în care se află și siguranța defectă se identifică cu ajutorul lămpii *LSD* din caseta de comandă a elementului respectiv, iar dulapul în care se află acesta este indicat de lampa respectivă *LDD*.

c) *Blocul de relee* conține releele de blocaj (*RB*), de semnalizare (*RS*), lămpile de semnalizare care indică funcționarea releelor, bornele de testare ale unor puncte importante din schemă și un număr de circuite legate de semnalizarea preventivă și de cea de avarie.

Comanda separatoarelor constituie un caz aparte, deoarece timpul de executare a unei operații de anclanșare sau de declanșare este lung (de ordinul secundelor) și contactele auxiliare ale acestora rămîn deschise un interval de timp mai mare. Există de aceea riscul ca operatorul, luînd prea devreme mîna de pe butonul de comandă, schema să se blocheze și separatorul să rămînă într-o poziție intermediară.

Pentru evitarea acestui neajuns, prin cîteva modificări exterioare, în cablaj, se conectează un circuit aflat pe blocul de supraveghere care are rolul de a prelungi impulsul de comandă pînă la deplina executare a ordinului dat.

Schema de alegere cu autocontrol realizată cu elemente de comutație statică — UNILOG

Schemele de alegere realizate cu relee prezintă dezavantajul înserierii în scopuri de blocaj a unui număr mare de contacte. Lanțurile de contacte reprezintă puncte slabe care periclitează buna funcționare a schemei, iar depistarea defectelor este de multe ori anevoioasă.

Schema de alegere prezentată — realizată cu elemente de comutație statică din seria UNILOG — permite comandarea unui releu și asigură blocarea eficientă a tuturor celorlalte pe timpul cît releul este excitat. Schema prezintă următoarele calități tehnice:

— lanțurile de blocaje serie din schemele cu relee se înlocuiesc cu blocaje în paralel. În această situație, întreruperea unei căi nu afectează funcționalitatea întregii scheme;

— schema prezintă o siguranță deosebită, garantînd alegerea unui singur releu și blocarea eficientă a celorlalte;

— schema este autocontrolată și se blochează la apariția semnalelor false;

— defectele sînt semnalizate putînd fi astfel cu precizie detectate;

— schema este utilizată pentru 24 de relee și poate fi ușor extinsă pentru 48 de relee;

— prin realizarea pe blocuri tipizate, interșanjabilitatea elementelor este asigurată.

Descrierea schemei. O schemă de alegere pentru 24 de elemente ocupă un sertar UNILOG tip A și cuprinde:

— un bloc de siguranțe, 12 blocuri de alegere, un bloc de blocaj și un bloc de supraveghere;

— blocurile de alegere permit comandarea (alegerea) unui releu şi semnalizarea impulsurilor de comandă false;

— blocul de blocare asigură blocarea celorlalte relee în momentul în care unul din relee a fost comandat;

— blocul de supraveghere lucrează la apariţia comenzilor false şi blochează schema, împiedicînd alegerea necomandată a oricărui releu.

Funcţionarea schemei. Blocurile de alegere constituie de fapt scheme logice în care se prelucrează semnalele de comandă şi impulsurile de blocaj.

Prin apăsarea unui buton de comandă (1 ... *n B Si*) se trimite în blocul de alegere respectiv un impuls de comandă pe două căi distincte. Comanda se execută efectiv numai dacă coincid impulsurile de comandă pe calea de lucru şi cea de control şi dacă nici un alt releu nu este excitat în acel moment. În această situaţie releul comandat se excită şi rămîne în această stare pînă la apăsarea pe butonul de anulare *BA*. O dată cu excitarea releului apare la ieşirea blocului de alegere un semnal „1” care persistă atît timp cît releul este excitat. Acest semnal este practic amplificat în blocul de blocaj; două amplificatoare lucrînd ca inversoare creează două barete *BB*1, *BB*2, care au rolul să blocheze toate comenzile individuale.

În acest fel, un releu odată comandat, blochează alegerea oricărui alt releu din schemă. Blocajul se menţine pînă la dezexcitarea releului cu ajutorul butonului *BA*. Blocajul este cu atît mai eficient cu cît el se face prin două căi distincte (baretele *BB*1 şi *BB*2). Siguranţa blocajului este asigurată prin aceea că baretele de blocaj sînt în permanenţă supravegheate.

Într-adevăr, stările normale ale baretelor fiind „0, 0” (nici un releu ales) sau „1,1” (un releu ales, ambele amplificatoare lucrează corect), trebuie semnalizată starea „0,1” sau „1,0” a baretelor care ar putea apărea la străpungerea unuia din amplificatoarele-inversoare. Lucrul acesta îl realizează un circuit special care, la necoincidenţa semnalelor pe baretele *BB*1 şi *BB*2, trimite un semnal în schema de semnalizări preventive.

Autoblocarea schemei se face la apariţia semnalelor false. Pentru depistarea acestora se compară în blocurile de alegere starea circuitului de anclanşare a releului cu starea căii de control a comenzii.

În situaţia în care apare o punere la masă pe unul din relee (în mod accidental sau prin distrugerea amplificatorului respectiv), se produce excitarea releului de blocaj *RB*.

Deschizîndu-şi contactul normal închis, înseriat în circuitul de alimentare al releelor individuale, releul de blocaj împiedică excitarea releului a cărui bornă a fost pusă la masă în mod accidental.

Releul de blocaj rămîne excitat întrerupînd în continuare alimentarea releelor individuale, pînă la apăsarea butonului de anulare (*BA*). În acest moment, numai dacă punerea la masă a dispărut, releul de blocaj se dezexcită.

Bareta *BB*3, formată prin excitarea releului *RB* din blocul de supraveghere, are ca rol să împiedice ca o punere accidentală la masă a unuia din releele individuale să poată provoca comandarea memoriilor din blocurile de alegere, în sensul menţinerii în conducţie a amplificatorului de ieşire. Blocul de supraveghere poate fi verificat prin apăsarea butonului de încercare *BV*.

Totalitatea măsurilor de blocaj luate, autocontrolul şi autoblocarea schemei fac imposibilă excitarea a mai mult de un releu.

Semnalizările schemei sînt:

— la nefuncţionarea unui amplificator din blocul de blocaj — semnal preventiv — „defect blocul de blocaj”;

— la apariţia unei comenzi false, deci la excitarea releului de blocaj: semnal preventiv „a funcţionat releul de blocaj”. În acelaşi timp se aprinde şi lampa de defect de pe dulap (*LDD*);

— la arderea siguranţelor de 24 V semnal: „ardere siguranţă 24 V” (semnal pe o baretă de semnalizare) şi aprinderea lămpii de defect *LSD* de pe tabloul sinoptic. Concomitent, aprinderea lămpii *LDD* a dulapului indică locul defectului.

Concluzii

Schemele de comandă şi alegere prezentate în articolul de faţă sînt primele de acest gen realizate în ţara noastră. Utilizînd elemente de comutaţie statică fabricate în ţară (UNILOG) schemele sînt proiectate în perspectiva automatizării complexe a centralelor termoelectrice. Analiza schemelor permite tragerea cîtorva concluzii de ordin general:

— instalaţiile prezintă o siguranţă deosebită în funcţionare;

— autocontrolul schemelor împiedică executarea oricăror comenzi false;

— schemele sînt adaptabile fără modificări în cazul extinderii nivelelor de automatizare din centrale. Din punctul de vedere al simplificării exploatării şi întreţinerii sînt de menţionat următoarele:

— schemele se realizează pe blocuri funcţionale tipizate, debroşabile, fapt care asigură depanarea lor rapidă;

— defectele apărute în scheme sînt semnalizate din timp, localizarea lor se face cu uşurinţă, iar remedierea constă în înlocuirea imediată a blocurilor defecte. Repararea blocurilor se poate face ulterior în laborator. În acest fel este asigurată o continuitate în funcţionare sporită a instalaţiilor şi uşurată mult munca personalului de exploatare.

Volumul instalațiilor este mult redus față de instalațiile similare realizate cu relee.

Schemele realizate cu elemente de comutație statică se îmbină armonios cu tehnica miniaturizată. Pupitrele de comandă, tablourile sinoptice, realizate cu casete (UNIMOD), în care cheile de comandă sînt înlocuite cu butoane, au dimensiuni mult mai mici. Consecința imediată a acestui lucru este, pe de o parte, vizibilitatea sporită a schemelor, operativitatea crescută, simplificarea exploatării și, pe de altă parte, reducerea simțitoare a dimensiunilor camerelor de comandă.

Schemele de comandă și alegere realizate cu elemente de comutație statică din seria UNILOG tip A, prezentate în articolul de față, vor fi experimentate într-una din centralele sistemului energetic național.

Din punct de vedere economic, schemele cu elemente de comutație statică rezultă mai scumpe decît schemele cu relee utilizate astăzi în centrale. O analiză economică comparativă nu poate fi însă făcută, deoarece din punct de vedere tehnic cele două soluții nu sînt echivalente. Performanțele schemelor cu elemente de comutație statică sînt superioare celor realizate cu relee.

Dezvoltarea în continuare a sistemului de elemente logice UNILOG va contribui cu siguranță nu numai la îmbunătățirea performanțelor tehnice actuale, ci și la reducerea prețului de cost al instalațiilor. Perspectiva automatizării complexe a centralelor termoelectrice impune pentru viitor o intensificare a eforturilor cercetătorilor și proiectanților în scopul găsirii unor soluții tehnice optime.

Bibliografie

[1] Simovici, Em. și Stoianovici, C. *Utilizarea comutației statice în schemele de comandă, măsură și semnalizare ale centralelor și stațiilor electrice.* Studiu IDT, 1968.

[2] Cleve, U. și Sauerbeck, U. *Automatisierung in Wärmekraftwerken.* BBC Nachrichten *46*, nr. 3, 1964, p. 104–112.

[3] Sauerbeck, U. și Schmudlach, U. *Erfahrungen mit Automatisierungseinrichtungen in Wärmekraftwerken.* BWK *17*, nr. 10, 1965, p. 478–482.

[4] Schmidt, J. *Simatic–Steuersystem P für die Funktionsgruppen Automatik in Wärmekraftwerken.* Siemens Zeitschrift *41*, nr. 5, 1967, p. 410–417.

[5] Kraft, N. și Eger, D. *Schaltwartensteuerungen in Kraftwerken und Unterstationen.* Brown Boveri Mitt. *52*, nr. 4, 1965, p. 283–296.

[6] Redl, H. *Neuzeutliche Nahsteuerwarten für Schaltanlagen.* Energie und Technik, nr. 2, 1966, p. 61–65.

[7] Dunduc, A., Mirea, N., Nistor, M. și Thuma, A. *Elemente unificate pentru panouri și pupitre.* Comunicare la sesiunea de comunicări tehnico-științifice a Academiei R.S.R., 16–18 oct. 1967.

[8] Toader, S. și Argintaru, I. *Sistemul de comutație statică UNILOG tip A.* Automatica și Electronica *10*, nr. 5, 1966, p. 201–205.

[9] Cuniță, D. și Tutunaru, I. *Elementele de ieșire și sursele de alimentare ale sistemului UNILOG tip A.* Automatica și Electronica *10*, nr. 5, 1966, p. 213–218.

[10] Davidoviciu, A. *Utilizarea elementelor de comutație statică UNILOG tip A în instalațiile de automatizare.* Automatica și Electronica *10*, nr. 5, 1966, p. 230–236.

(Articol intrat în redacție la 1 martie 1968)

Algoritm general pentru calculul scurtcircuitelor

Ing. P. Vasilescu *)

În lucrările legate de funcționarea și dezvoltarea unui sistem energetic, precum și în exploatarea curentă a acestuia, este necesar să fie frecvent determinați curenții și puterile de scurtcircuit, în vederea alegerii aparatajului de comutație, dimensionării elementelor conductoare și prizelor de pămînt, studierii regimurilor dinamice, alegerii caracteristicilor protecției, stabilirii influenței liniilor electrice de transport asupra liniilor de telecomunicații etc.

Din literatura de specialitate [1]–[5] și din lucrări întocmite anterior în Institutul de studii și proiectări energetice, rezultă atît avantajele considerabile ale utilizării calculatoarelor electronice cifrice la calculele de scurtcircuit, cît și necesitatea elaborării unui algoritm și program de calcul general pentru calculul tuturor tipurilor de scurtcircuite: simetrice și nesimetrice.

În articolul de față se prezintă un astfel de algoritm, metoda de calcul folosită, principalele caracteristici ale programului elaborat pentru calculatorul electronic Elliott–4120 și unele rezultate obținute pentru scheme complete ale sistemului energetic național.

1. Metoda de calcul

Dintre metodele de calcul folosite pentru determinarea curenților și puterilor de scurtcircuit a fost adoptată în cadrul algoritmului prezentat metoda injecției curentului unitar în locul de defect, metodă folosită cu rezultate bune și în lucrări anterioare.

Metoda constă în „pasivizarea" rețelei, prin scurtcircuitarea laturilor active ale generatoarelor, injectarea unui curent unitar I_k în nodul k în care apare scurtcircuitul, obţinerea tensiunilor U_i în nodurile reţelei considerate şi a impedanţei reţelei pasive „văzută'' din punctul de defect Z_k. Aceste elemente se introduc apoi într-o serie de formule cunoscute, permiţînd obţinerea curenţilor şi puterilor de scurtcircuit.

---

*) Petre Vasilescu este inginer proiectant șef la ISPE.

Pentru determinarea tensiunilor urmează a fi rezolvat un sistem de ecuaţii de forma :

$$[\underline{Y}]\cdot[\underline{U}] = [\underline{I}] \tag{1}$$

în care

$[\underline{Y}]$ este matricea-admitanţă a reţelei pasivizate, matrice simetrică şi cu foarte multe elemente nule ;

$[\underline{I}]$ — vectorul curenţilor injectaţi în noduri, care în cazul de faţă are iniţial o formă specială : valoarea 1 în nodul în care are loc scurtcircuitul şi 0 în celelalte noduri ;

$[\underline{U}]$ — vectorul tensiunilor din noduri care trebuie determinat.

La rezolvarea sistemului de ecuaţii (1) s-a utilizat o metodă frecvent folosită [6], [7] la o serie întreagă de probleme : calcule de regimuri staţionare de funcţionare a sistemului energetic, calcule de stabilitate, calculul cadrelor în probleme de construcţii etc. Metoda se bazează pe triangularizarea matricei $[\underline{Y}]$, folosind procedeul de eliminare Gauss, ceea ce permite determinarea rapidă a tensiunilor prin parcurgerea următoarelor etape :

I. Sistemul de ecuaţii (1), pentru o reţea cu n noduri, se scrie sub forma :

$$\begin{aligned}
&\underline{Y}_{11}\cdot\underline{U}_1 + \underline{Y}_{12}\cdot\underline{U}_2 + \dots + \underline{Y}_{1n}\cdot\underline{U}_n = \underline{I}_1\\
&\underline{Y}_{21}\cdot\underline{U}_1 + \underline{Y}_{22}\cdot\underline{U}_2 + \dots + \underline{Y}_{2n}\cdot\underline{U}_n = \underline{I}_2\\
&\cdot\\
&\cdot\\
&\cdot\\
&\underline{Y}_{n1}\cdot\underline{U}_1 + \underline{Y}_{n2}\cdot\underline{U}_2 + \dots + \underline{Y}_{nn}\cdot\underline{U}_n = \underline{I}_n
\end{aligned} \tag{2}$$

II. Sistemul (2) se triangularizează prin eliminarea succesivă a necunoscutelor $\underline{U}_i$ în ecuaţiile $i+1$, $i+2$, ..., n ; astfel eliminarea necunoscutei $\underline{U}_1$ în ecuaţia a 2-a face ca aceasta să devină :

$$0 + \left(\underline{Y}_{22} - \frac{\underline{Y}_{12}\cdot\underline{Y}_{21}}{\underline{Y}_{11}}\right)\underline{U}_2 + \cdots + \left(\underline{Y}_{2n} - \frac{\underline{Y}_{1n}\cdot\underline{Y}_{12}}{\underline{Y}_{11}}\right)\underline{U}_n = \underline{I}_2 - \frac{\underline{Y}_{12}}{\underline{Y}_{11}}\cdot\underline{I}_1 \tag{3}$$

Eliminînd necunoscuta $\underline{U}_1$ şi în celelalte ecuaţii, se obţine un sistem parţial de $(n-1)$ ecuaţii cu $(n-1)$ necunoscute ($\underline{U}_2$, $\underline{U}_3$, ..., $\underline{U}_n$), în care din matricea $[\underline{Y}]$ iniţială s-au modificat termenii diagonali ai liniilor reprezentînd nodurile legate cu nodul 1 şi termenii nediagonali afectaţi de eliminare [7]. S-a modificat de asemenea corespunzător şi vectorul $[\underline{I}]$.

Procedînd în continuare în mod analog, prin eliminarea necunoscutelor $\underline{U}_2$, $\underline{U}_3$, ..., $\underline{U}_{n-1}$, se obţin sisteme parţiale cu $(n-2)$, ... 2, 1, ecuaţii ; reţinînd prima ecuaţie a acestor sisteme parţiale, rezultă matricea triangularizată a sistemului de forma :

$$\begin{aligned}
\underline{Y}_{11}\cdot U_1 + \underline{Y}_{12}\cdot\underline{U}_2 + \dots\dots + \underline{Y}_{1n}\cdot\underline{U}_n &= \underline{I}_1\\
\underline{Y}_{22}^{(1)\,*)}\cdot\underline{U}_2 + \dots\dots + \underline{Y}_{2n}^{(1)}\cdot\underline{U}_n &= \underline{I}_2^{(1)}\\
&\cdot\\
&\cdot\\
&\cdot\\
&\cdot\\
\underline{Y}_{n-1,n-1}^{(n-2)}\cdot\underline{U}_{n-1} + \underline{Y}_{n-1,n}^{(n-2)}\cdot\underline{U}_n &= \underline{I}_{n-1}^{(n-2)}\\
\underline{Y}_{nn}^{(n-1)}\cdot\underline{U}_n &= \underline{I}_n^{(n-1)}
\end{aligned} \tag{4}$$

III. Din ecuaţia n a sistemului (4) se poate imediat obţine tensiunea $\underline{U}_n$:

$$\underline{U}_n = \frac{\underline{I}_n^{(n-1)}}{\underline{Y}_{nn}^{(n-1)}}. \tag{5}$$

Introducînd în ecuţia $(n-1)$ valoarea $\underline{U}_n$ astfel determinată, se obţine tensiunea $\underline{U}_{n-1}$:

$$\underline{U}_{n-1} = \frac{\underline{I}_{n-1}^{(n-2)}}{\underline{Y}_{n-1,n-1}^{(n-2)}} - \frac{\underline{Y}_{n-1,n}^{(n-2)}}{\underline{Y}_{n-1,n-1}^{(n-2)}}\cdot U_n\,. \tag{6}$$

Similar se introduc în ecuaţiile $(n-2)$, ... 2, 1, valorile tensiunilor succesiv determinate $\underline{U}_n$, $\underline{U}_{n-1}$, ..., $\underline{U}_2$, rezultînd în final vectorul $\underline{U}$, care trebuia determinat.

2. Calculul curenţilor şi puterilor de scurtcircuit

2.1. *Tipul calculului*

Calculele de scurtcircuit într-un sistem energetic se pot efectua atît exact, cît şi aproximativ. Ambele tipuri de calcule sînt pe larg descrise în literatură [1], [2], [3], [8], [9], rezultînd domeniile de aplicabilitate a fiecăruia.

Calculele simplificate, în care :

— forţele electromotoare ale generatoarelor se consideră egale ca mărime şi fază ;

— se neglijează rezistenţele elementelor din reţea şi capacităţile liniilor, considerîndu-se numai reactanţele (x) ;

— se neglijează componenta activă a sarcinii, au fost şi sînt pe scară largă utilizate, permiţînd obţinerea unor rezultate suficient de bune în majoritatea problemelor curente de calcule de scurtcircuit şi fiind recomandate [8] la alegerea aparatajului de comutaţie, dimensionarea elementelor conductoare şi prizelor de pămînt, stabilirea influenţei liniilor de transport de energie electrică asupra liniilor de telecomunicaţii ; ele servesc totodată la caracterizarea preliminară a sistemului, în vederea selectării nodurilor care trebuie ulterior amănunțit analizate prin calcule exacte, în cadrul lucrărilor legate de studiul regimurilor dinamice, alegerea caracteristicilor protecției de distanță și protecției diferențiale comparative de fază, probleme speciale etc.

---

*) $\underline{Y}_{22}$ după prima eliminare.

Algoritmul de calcul, care va fi descris în continuare, permite efectuarea ambelor tipuri de calcule (exacte și aproximative), dar programul prezentat în acest articol și experimentat pe calculatorul Elliott 4120 folosește calculul aproximativ, justificat nu numai de rezultatele și concluziile trase pînă în prezent din numeroasele calcule și studii efectuate, ci și de următoarele considerente suplimentare :

a) Majoritatea covîrșitoare a calculelor de scurtcircuit sînt din categoria celor care admit aproximațiile introduse de calculul simplificat.

b) Se face o economie însemnată de memorie la calculator, numărul de date introduse în calcule reducîndu-se cu mai mult de jumătate ; acest lucru este foarte important la schemele complete ale sistemului energetic care se examinează curent și în special la calculul scurtcircuitelor nesimetrice, unde se introduc date pentru schemele de secvență directă, inversă și homopolară.

c) Durata calculului scade simțitor, iar prelucrarea rezultatelor se face mult mai ușor.

d) La calculul exact este necesar să se efectueze în prealabil pe calculator un calcul al regimului staționar de funcționare a rețelei.

e) Schemele sistemului energetic, care se examinează pentru perspectivă, nu intră complet în calculatorul Elliott—4120 în actuala sa configurație (memorie internă de 32768 cuvinte), în cazul calculului exact.

f) Ca o urmare a celor arătate la punctul b), se reduce considerabil timpul de pregătire a datelor inițiale și posibilitățile de eroare în întocmirea acestora.

2.2. *Scheme echivalente și formule de calcul utilizate*

Dacă la scurtcircuitele simetrice (trifazate) este suficient să se întocmească schema echivalentă de calcul a secvenței directe, pentru calculul scurtcircuitelor nesimetrice, unde se aplică în calcul metoda componentelor simetrice, este necesar să se pregătească separat schemele de calcul directă (1) și inversă (2) și, atunci cînd este nevoie (scurtcircuit monofazat sau bifazat cu pămîntul), schema homopolară (0). Deși de foarte multe ori se obișnuiește ca valorile din schema inversă să se considere egale cu cele din schema directă ($x_1 = x_2$), în cadrul algoritmului elaborat cele două scheme s-au considerat separat, avînd în vedere că reactanțele generatoarelor și mai ales cele echivalente sarcinilor pot fi mult diferite. Cele trei scheme, corespunzătoare celor trei secvențe, se conectează între ele în funcție de tipul defectului, așa cum se vede în figura 1.

Schema echivalentă pentru diferite tipuri de scurtcircuite nesimetrice poate fi considerată ca o schemă directă, în care se introduce la locul defectului o reactanță suplimentară (un șunt), formată din reactanțele inverse și homopolare rezultate în punctul respectiv, conectate între ele în conformitate cu tipul defectului. În acest mod se determină curentul de secvență directă pe faza de referință cu relația :

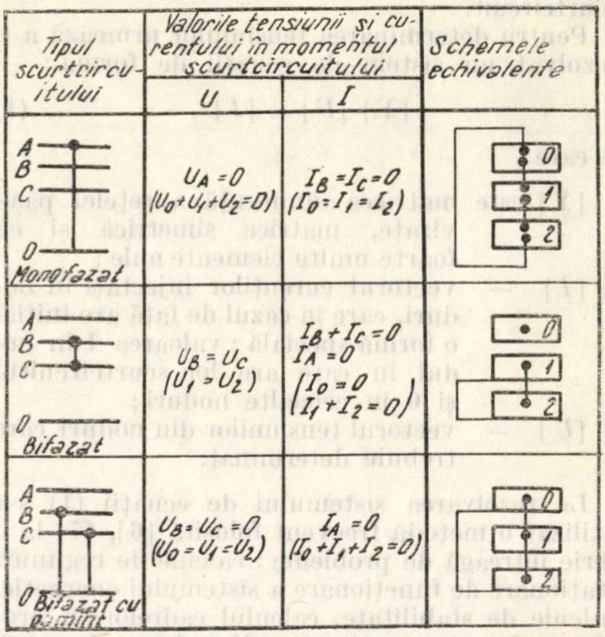


Fig. 1. Schemele echivalente și valorile tensiunilor și curenților în cazul scurtcircuitelor nesimetrice.

$$I_1 = \frac{E}{x_1 + x_s}, \tag{7}$$

unde

E este forța electromotoare (în calcule s-a considerat $E = 1{,}08\ U$, U fiind tensiunea medie a rețelei, de regulă $U = 115$ kV) ;

x_1 — reactanța directă rezultată în punctul de defect ;

x_s — reactanța șuntului echivalent.

Expresiile șuntului și ale coeficientului m, specific fiecărui tip de defect și care intervine în calculul curentului de scurtcircuit total :

$$I_{sc} = m \cdot I_1. \tag{8}$$

sînt date în tabela 1.

În vederea determinării reactanțelor directă, inversă sau homopolară la locul defectului, se procedează așa cum se arată în continuare (fig. 2) :

a) în rețeaua pasivizată se injectează în nodul k, în care are loc scurtcircuitul, curentul unitar I_k ;

Tabela 1

Principalele formule de calcul utilizate la calculul scurtcircuitelor nesimetrice

Nr. crt.	Specificație	Tipul scurtcircuitului		
		Monofazat	Bifazat	Bifazat cu pămîntul
1	Reactanța șuntului echivalent (x_s)	$x_2 + x_0$	x_2	$\frac{x_2 \cdot x_0}{x_2 + x_0}$
2	Coeficientul m ($I_{sc} = m \cdot I_1$)	3	$\sqrt{3}$	$\sqrt{3} \cdot \sqrt{1 - \frac{x_2 \cdot x_0}{(x_2 + x_0)^2}}$
3	Curentul de secvență directă la locul de defect pe faza de referință $\left(I_1 = \frac{E}{x_1 + x_s}\right)$	$\frac{E}{x_1 + x_2 + x_0}$	$\frac{E}{x_1 + x_2}$	$\frac{E}{x_1 + \frac{x_2 \cdot x_0}{x_2 + x_0}}$
4	Curentul de secvență inversă la locul de defect pe faza de referință (I_2)	I_1	$- I_1$	$- I_1 \frac{x_0}{x_2 + x_0}$
5	Curentul de secvență homopolară la locul de defect pe faza de referință (I_0)	I_1	0	$- I_1 \frac{x_2}{x_2 + x_0}$
6	Curentul pe faza a (I_A)	$3 I_1$	0	0
7	Curentul pe faza b (I_B)	0	$-\sqrt{3} \cdot I_1$	$\left(a^2 - \frac{x_2 + a x_0}{x_2 + x_0}\right) \cdot I_1$
8	Curentul pe faza c (I_C)	0	$\sqrt{3} \cdot I_1$	$\left(a - \frac{x_2 + a^2 \cdot x_0}{x_2 + x_0}\right) \cdot I_1$

b) se calculează tensiunile U_i rezultate în nodurile rețelei prin metoda prezentată la § 1;

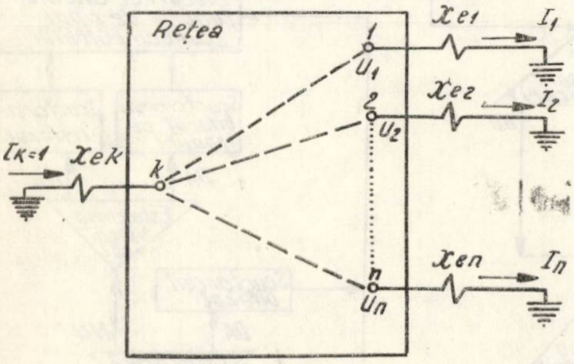


Fig. 2:

x_{ei} – reactanța echivalentă a generatorului și sarcinii reactive din nodul i.

$$x_k = \frac{U_k}{I_k} = U_k \; (I_k = 1).$$

c) reactanța totală a rețelei pasive „văzută" din punctul de defect k se determină din raportul:

$$x_k = \frac{U_k}{I_k}, \tag{9}$$

U_k fiind tensiunea rezultată în nodul k, în care s-a injectat curentul unitar I_k (deci: $x_k = U_k$).

Etapele a, b, c sînt parcurse, în funcție de tipul scurtcircuitului, pentru schemele directă, inversă și homopolară, rezultînd astfel cele trei reactanțe dorite la locul defectului, care se introduc în calcule conform formulelor prezentate în tabela 1 pentru scurtcircuite nesimetrice.

Pentru scurtcircuite simetrice, unde nu este necesară decît obținerea reactanței directe ($x_{k1} = U_{k1}$), calculul curentului și puterii de scurtcircuit se efectuează în continuare cu formulele:

$$I_{sc\,k} = \frac{E}{\sqrt{3}\, x_{k1}} = \frac{E}{\sqrt{3}\, U_{k1}} \tag{10}$$

$$S_{sc\,k} = \frac{E^2}{U_{k1}}$$

În cazul cînd se dorește să se cunoască și modul de repartizare a curentului de scurtcircuit $I_{sc\,k}$ într-un element al rețelei $i-j$, în una sau în toate cele trei scheme considerate, se aplică relația:

$$I_{ij} = \frac{1}{x_{ij}} (U_i - U_j) \cdot I_{sc\,k}, \tag{11}$$

în care x_{ij} este reactanța elementului $i-j$, iar U_i și U_j sînt tensiunile rezultate în nodurile i și j la injectarea curentului unitar I_k.

Este de observat că cu ajutorul tensiunilor U_i obținute se pot imediat calcula reactanțele reciproce (de transfer) între nodurile generatoare şi nodul k, determinîndu-se astfel echivalenţii REI, care permit stabilirea aportului oricărui generator din sistem la scurtcircuitul într-un nod k.

3. Descrierea algoritmului şi a programului de calcul

Metoda de calcul prezentată la § 1 şi formulele de calcul din § 2 au fost înglobate în cadrul unui algoritm general, care a fost programat pentru calculatorul Elliott 4120. Acest algoritm îşi propune :

a) calculul tuturor tipurilor de scurtcircuite (simetrice şi nesimetrice) în toate nodurile unui sistem energetic, sau numai într-un număr restrîns de noduri ;

b) completarea unui număr cît mai mic de date iniţiale, care să fie introduse şi verificate în calculator cît mai uşor ;

c) modificarea şi corectarea rapidă a schemelor de calcul ;

d) determinarea valorilor totale ale curenţilor şi puterilor de scurtcircuit şi a modului cum acestea se repartizează în reţea ;

e) scrierea sub o formă convenabilă a rezultatelor ;

f) obţinerea la cerere a unor informaţii suplimentare : schemele REI, curentul invers, curentul homopolar, curentul pe faza de referinţă, rapoartele x_0/x_d etc.

Principalele părţi componente ale algoritmului, aşa cum se vede şi din schema logică de principiu din figura 3, sînt următoarele :

I. *Introducerea datelor iniţiale*. Aceste date, care se completează foarte simplu, conţin caracteristicile reţelei ce urmează a fi calculată şi lista nodurilor unde se calculează scurtcircuitul, scrise pe bandă de hîrtie perforată. O serie de informaţii suplimentare asupra reţelei, absolut necesare în timpul calculului, sînt automat formate în memoria calculatorului prin program în timpul introducerii.

La scurtcircuitele monofazate este de multe ori necesar să se examineze în detaliu unele linii ale sistemului considerat, în vederea întocmirii unor diagrame care să conţină variaţia curentului de scurtcircuit funcţie de locul defectului pe linie. Completarea schemelor echivalente de calcul în aceste cazuri, pentru scurtcircuit la capetele liniei şi la 0,2, 0,5 şi 0,8 din lungimea liniei, este destul de complicată şi poate conduce uşor la erori. Din acest motiv, pentru astfel de cazuri, schemele sînt automat întocmite prin program în timpul introducerii datelor.

II. *Corectarea şi verificarea datelor* este necesar a fi efectuate rapid şi cît mai simplu, dat fiind că în studiile privind dezvoltarea şi funcţionarea sistemului energetic naţional pe o aceeaşi schemă se efectuează calcule pentru un mare număr de variante. În acest scop programul de calcul permite efectuarea modificărilor prin mesaje date calculatorului de la pupitrul de control sau prin mici benzi perforate suplimentare.

III. *Efectuarea calculelor*. Conţine părţile descrise pe larg în § 1 şi 2, efectuarea calculelor făcîndu-se funcţie de tipul scurtcircuitului, indicat prin închiderea sau deschiderea unor chei de pe pupitrul de comandă.

IV. *Extragerea rezultatelor*. Permite obţinerea informaţiilor dorite şi a rezultatelor sub o formă convenabilă.

Programul elaborat pentru calculatorul Elliott-4120 a fost scris în limbajul de programare NAL, cel mai eficient limbaj pentru acest calculator ; conţine circa 3300 instrucţiuni plus o serie de programe din biblioteca calculatorului şi poate fi aplicat sub forma actuală la reţele cu maximum 300 noduri şi 500 legături.

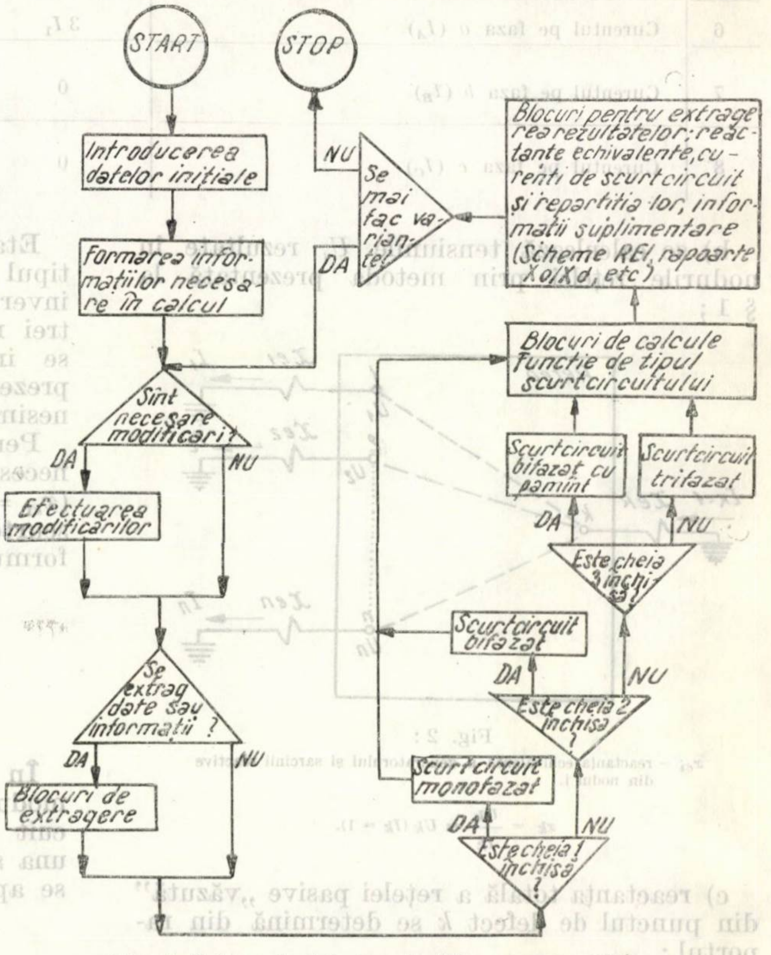

START
STOP
Introducerea datelor iniţiale
Formarea informaţiilor necesare în calcul
Sînt necesare modificări?
DA
NU
Efectuarea modificărilor
Se extrag date sau informaţii ?
DA
NU
Blocuri de extragere
Se mai fac variante?
NU
DA
Blocuri pentru extragerea rezultatelor; reactanţe echivalente, curenţi de scurtcircuit şi repartiţia lor, informaţii suplimentare (Scheme REI, rapoarte Xo/Xd, etc)
Blocuri de calcule funcţie de tipul scurtcircuitului
Scurtcircuit bifazat cu pămînt
Scurtcircuit trifazat
DA
NU
Este cheia 3 închisă?
Scurtcircuit bifazat
DA
NU
Este cheia 2 închisă ?
Scurtcircuit monofazat
DA
NU
Este cheia 1 închisă ?

Fig. 3. Schema logică de principiu a programului.

4. Rezultate

Programul de calcul a fost experimentat pentru rețele concrete ale sistemului energetic național, cu pînă la 250 noduri și 400 legături. Un calcul de scurtcircuit trifazat complet, pentru toate nodurile unei astfel de rețele, durează circa 20 minute la calculator. Este pentru prima dată cînd s-au putut calcula astfel de scheme complete fără a se efectua operații de debuclare, reducere, zonificare etc.

Din multele variante calculate cu noul program au rezultat însemnate avantaje economice, calitative și de timp ale utilizării acestuia la calculele curente de scurtcircuit. Astfel, costul unui calcul este de circa 6—8 ori mai scăzut decît costul aceluiași calcul efectuat cu masă de curent continuu sau cu vechile programe întocmite pentru calculatoarele CIFA, fără a mai socoti avantajele calitative și operativitatea în obținerea rezultatelor.

În anexa 1 se prezintă rezultatele obținute pentru unul dintre nodurile unei rețele cu șapte noduri, pentru care s-au efectuat toate tipurile de calcule de scurtcircuit.

Concluzii

1. Algoritmul prezentat poate fi utilizat atît pentru calcule exacte, cît și aproximative; programul întocmit efectuează însă calculele făcînd o serie de simplificări care s-au dovedit satisfăcătoare în marea majoritate a problemelor ce necesită calcule de scurtcircuit, prezentînd în același timp o serie de avantaje importante în ceea ce privește viteza de calcul, volumul de date inițiale, memoria folosită la calculator etc.

2. Din variantele calculate cu noul program au rezultat însemnate avantaje economice, calitative și de timp ale utilizării acestuia la calculele curente de scurtcircuit.

3. Cu acest algoritm, introdus pe scară largă în ISPE, se poate obține rapid și simplu un bogat volum de informații: curenți și puterile de scurtcircuit totale, repartiția acestora în rețea, repartiția curenților inverși și homopolari, schemele REI, imaginile nodale, rapoartele x_0/x_d etc.

ANEXA 1

Forma de obținere a rezultatelor

Pentru schema din figura 4 s-au efectuat pentru nodul 2 toate tipurile de calcule de scurtcircuit.

Forma de obținere a rezultatelor este următoarea:

a) *Scurtcircuit trifazat* (cu repartiția curentului pe legături):

Scurtcircuit trifazat nod 2:

x_d	(ohmi)	4,289
I_{sc}	(kA)	15,481
P_{sc}	(MVA)	3 083,740

Repartiția puterilor pe legături:

1	946,626	3	708,543

b) *Scurtcircuit bifazat* (fără repartiție)

Scurtcircuit bifazat între fazele B și C nod 2:

x_d	(ohmi)	4,289
x_i	(ohmi)	4,289
I_{sc}	(kA)	14,480

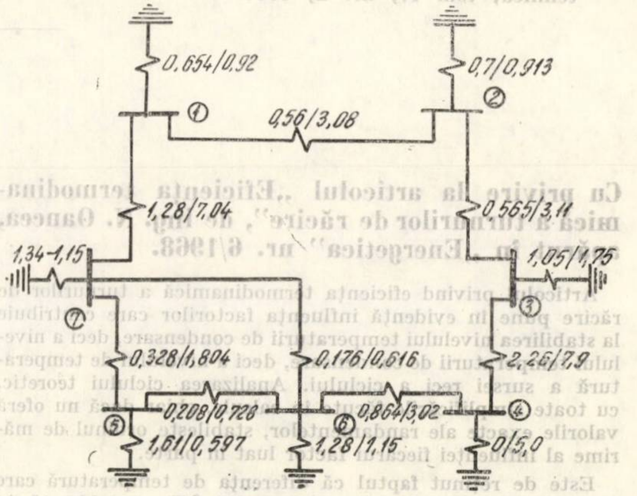


Fig. 4. Schema de calcul.

Observații. 1. Pentru fiecare element al schemei sînt indicate două valori: prima pentru reactanța directă și inversă (considerate egale), a doua pentru reactanța homopolară. 2. Valorile reactanțelor sînt date în u.r., raportate la $U_b = 115$ kV și la $S_b = 1000$ MVA.

c) *Scurtcircuit bifazat cu pămînt* (fără repartiție)

Scurtcircuit bifazat cu pămînt între fazele B și C nod 2:

x_d	(ohmi)	4,289
x_i	(ohmi)	4,289
x_0	(ohmi)	8,430
I_{sc}	(kA)	15,347

d) *Scurtcircuit monofazat* (cu repartiție)

Scurtcircuit monofazat pe faza A nod 2:

x_d	(ohmi)	4,289
x_i	(ohmi)	4,289
x_0	(ohmi)	8,430
I_{sc}	(kA)	12,649 (4,472)

Repartiția curenților pe legături:

	$I_{homop.}$	$3I_0$	$I_{inv.}$	I_A
1	0,6887	2,0661 (0,7304)	1,2943	3,2772
3	0,5841	1,7522 (0,6194)	0,9688	2,5216

La scurtcircuitele monofazate se indică pentru curenți două valori: prima fără considerarea rezistenței arcului la locul defectului, a doua, scrisă în paranteză, cu considerarea acestei rezistențe.

Bibliografie

[1] Dimo, P., Moraite, G., și Hückert, S. *Calculul exact al curenților de scurtcircuit cu determinarea simultană a schemelor REI.* Energetica nr. 3, 1963.
[2] * * * *AIEE Committee report: Calculation of electric power system short circuits during the first few cycles.* Power, Apparatus and Systems, april 1963.
[3] Shipley, R. B., Coleman, D. și Neson, W. L. *Short-circuit comparison study.* Power, Apparatus and Systems, febr. 1962.
[4] Coombe, L.W. și Lewis, D.G. Digital calculation of shortcircuit currents in large complex impedance networks. Power, Apparatus and Systems, febr. 1956.
[5] A. H. El Abiad. *Digital calculation of line-to-ground short-circuit by matrix method.* Power, Apparatus and Systems, june 1960.
[6] Sato, N. și Tinney, W. *Techniques for exploiting the sparsity of the network admittance matrix.* Power, Apparatus and Systems, dec. 1963.

[7] Ionescu, S., Ungureanu, B., Vasilescu, P. şi Staadecker, M. *Un nou algoritm de calcul pentru determinarea regimurilor staţionare de funcţionare a sistemului energetic cu ajutorul calculatoarelor electronice cifrice.* Studii şi cercetări de energetică şi electrotehnică, tom 17, nr. 2, 1967.

[8] * * * *Îndreptar pentru calculul curenţilor de scurtcircuit în instalaţiile electrice.* Lucrare ISPE, noiembrie 1966.

[9] * * * *Studiu privind întocmirea calculelor de scurtcircuit în sistemul energetic cu ajutorul calculatoarelor cifrice.* Lucrare ISPE, septembrie 1965.

(Articol intrat în redacţie la 23 ianuarie 1968)

— o —

Discuţii

Cu privire la articolul „Eficienţa termodinamică a turnurilor de răcire", de ing. N. Oancea, apărut în „Energetica" nr. 6/1968.

Articolul privind eficienţa termodinamică a turnurilor de răcire pune în evidenţă influenţa factorilor care contribuie la stabilirea nivelului temperaturii de condensare, deci a nivelului temperaturii de condensare, deci a nivelului de temperatură a sursei reci a ciclului. Analizarea ciclului teoretic, cu toate simplificările făcute în calcule, chiar dacă nu oferă valorile exacte ale randamentelor, stabileşte ordinul de mărime al influenţei fiecărui factor luat în parte.

Este de reţinut faptul că diferenţa de temperatură care se creează în condensator (denumită δT), considerată în exemplul de calcul de 5 grd, conduce la o pierdere relativă de randament de 1,2%.

Reducerea accidentală a coeficientului de transmisie a căldurii în condensator la jumătate din valoarea teoretică măreşte aproximativ la dublu diferenţa de temperatură şi pierderea.

În practică, din cauza murdăririi condensatorului cu depuneri solide sau cu formaţiuni de natură organică, se micşorează şi coeficientul de transmisie, dar şi debitul de apă prin ţevi, iar diferenţe de temperaturi care teoretic ar trebui să fie de 5 — 7 grd ating în realitate chiar 15 grd, lucru ce răstoarnă fundamental calculele de randament şi indicii de funcţionare.

Curăţenia ţevilor condensatorului este deci de urmărit ca unul dintre factorii principali ai menţinerii consumului specific, iar ordinul de mărime al abaterilor de consum produse de această cauză echivalează cu cele produse de o reducere a temperaturii iniţiale cu cel puţin 30 grd.

Folosirea răcirii în circuit închis cu turnuri de răcire conduce, de asemenea, la diferenţe însemnate de temperatură faţă de temperatura limită teoretică a răcirii, şi anume temperatura termometrului umed. Este cunoscut faptul că această diferenţă atinge curent valori de calcul de 12 — 13 grd la turnurile cu tiraj natural şi 7 — 10 grd la cele cu tiraj forţat. La un turn deteriorat, avînd suprafeţele de răcire aşezate incorect, cu repartiţie neuniformă a apei pe suprafeţele de răcire şi cu defecţiuni de tiraj, care reduc debitul de aer, temperaturile sînt sensibil mai mari, ceea ce influenţează randamentul cu o valoare de acelaşi ordin de mărime ca şi necurăţenia condensatorului. În articol se evidenţiază că pentru un turn de răcire care realizează o apropiere faţă de turnul ideal, cu debit finit de aer de $t_0^{IV} - t_0^{III} = 43 - 30,6 = 12,4$ grd, diferenţa relativă de randament a ciclului este de 3,4%.

În concluzie atragem atenţia că:

— dată fiind importanţa pe care o au asupra randamentului, dimensionarea turnului de răcire şi alegerea nivelului de performanţe trebuie să fie neapărat fundamentate prin calcule de economicitate;

— o dată pus în exploatare, performanţele turnului trebuie măsurate şi urmărite pentru că numai astfel se pot cunoaşte abaterile faţă de funcţionarea lui normală şi stabili momentul cînd reparaţia capitală a turnului şi redresarea performanţelor lui devin o operaţie rentabilă.

Exemplul de calcul a fost dat pentru nivelul de parametri similari celor de la unele centrale nuclearoelectrice, la stadiul lor de dezvoltare actual. Pentru centralele termoelectrice clasice, cu blocuri de mare putere, folosind abur cu presiuni de 180 — 250 at şi temperaturi de 540°C, cu una sau două supraîncălziri intermediare, ponderea influenţei sursei reci scade, aproximativ la 60 — 70% din cifrele din articol. Ordinul de mărime şi importanţa concluziilor însă se păstrează, cu atît mai mult cu cît, din cauza lipsei surselor de apă cu debit suficient, la puterile mari care intră în joc, răcirea cu turnuri de răcire devine practic o generalitate.

Ing. C. Moţoiu

Tratarea apei în centralele termoelectrice

Bibliografie

1966

Boenzi, D. şi Branca, G. *Experienţa eliminării silicei dintr-o apă destinată scopurilor industriale şi menajere.* Acqua Industriale, noiembrie—decembrie 1966, p. 5—13.

Köhle, H. *Chimia apei de alimentare în centrala termică Mannheim I.* Acqua Industriale, noiembrie—decembrie 1966, p. 22—31.

Bianucci, G. *Zilele Chimiei şi expoziţia de aparate chimice, MAC 66.* Acqua Industriale, noiembrie—decembrie 1966, p. 32—35.

Marchetti, R. Colocviu comun „*Filtrarea şi poluarea apelor*" — Asociaţia naţională a cercetării tehnice, Paris, noiembrie 1966. Acqua Industriale, noiembrie—decembrie 1966, p. 36—39.

Reissaus, K. şi Rummel, W. *Cărbunele activ în epurarea apei* WWT *16*, nr. 12, dec. 1966, p. 413—416.

Class, G. *Comportarea aluminiului în circuitul apă-abur al cazanelor de abur.* Mitt. VGB, nr. 105, decembrie 1966.

Golubzov, V. A., Tebenkim, E. F. şi Gusev, B. I. *Importanţa bioxidului de carbon liber la tratarea magnetică a apei de alimentare.* Elektriceskie stanţii, 37, aug. 1966.

Kirsch, H. *Cercetări analitice de fază a depunerilor din turbine.* Mitt. VGB, nr. 104, oct. 1966.

Ulrich, E. A. şi Höhenberger, L. *Montarea de prinzători de masă în instalaţiile de schimbători de ioni.* Mitt. VGB, nr. 104, oct. 1966.

Spillner, *F. Formarea şi identificarea oxizilor de fier în condensate.* Mitt. VGB, nr. 104, oct. 1966.

Bachmair, A., Hömig, H. E. şi Kacs, H. *Apa de alimentare şi coroziunea.* Mitt. VGB, nr. 101, apr. 1966.

Cantieri, W. F. *Procedeu nou de curăţire pentru cazane foarte mari.* Combustion, *37*, nr. 7, 1966, p. 43—44.

Murphy, V. P. *Tratarea apei pentru cazane industriale.* Combustion, 37, nr. 12, 1966.

* * * *Recomandări VGB privind determinarea capacității maxime a schimbătorilor anionici.* Mitt. VGB, nr. 103, aug. 1966, p. 280—283.

Richter, A. *Puncte de vedere pentru tratarea apelor de suprafață, cu salinitate redusă, dar impurificate cu substanțe organice, cu ajutorul schimbătorilor macroporoși.* Mitt. VGB, nr. 102, iun. 1966, p. 197—202.

Märdelins, L. O. *Contribuție la studiul efectului protector și al stabilității straturilor de oxid, pe oțel, în apă alcalină și neutră.* Mitt. VGB, nr. 101, apr. 1966, p. 132—141.

Stafforini, P. *Tendințe noi în tratarea condensatului pentru centrale termoelectrice de mare putere.* La Termotecnica, *20*, nr. 10, 1966, p. 599—608.

Rivers, H. M. *Concepții noi privind mecanismul coroziunii în cazane.* J. Engng. Power (S.U.A.), *88*, nr. 4, 1966, p. 378—387.

Kagan, I. D., Labenski, A. P., Tkacevko, N. G. și Minkova, A. G. *Curățirea chimică înainte de pornirea cazanelor cu soluții de acid adipic.* Therm. Engng., nr. 13, martie 1966.

Applebaum, S. B., *Puritatea mare a aburului impune tratarea completă a apei de adaos.* Power, nr. 110, aug. 1966.

Fries, W. *Schimbătorii cationici reduc impurificarea organică.* Power, nr. 110, aug. 1966.

Kunim, R. *Eliminarea silicei coloidale și a hidroxizilor din apă.* Conferința internațională a apei, Pittsburg, noiembrie 1966.

1967

Schroeder, H. *Măsurări ale purității aburului în centrala nucleară Gundremmingen.* Consfătuirea VGB „Apa de alimentare", Essen 1967.

Wendell, F. D. *Depuneri de cupru în turbină, în unitățile cu parametri supracritici.* Combustion, 38, nr. 7, ian. 1967, p. 24—25.

Rice, M. S. *Amplasarea vaporizatorilor „flash" în circuitul apei de alimentare.* Combustion, *38*, nr. 7, ian. 1967, p. 25—26.

Howe, E. C. și Johnson, E. S. *Experiența exploatării cu vaporizatori „flash" pentru apa de adaos, în centrale termice.* Combustion, *38*, nr. 7, ian, 1967, p. 26.

Bartoletti, M. și Wichser, B. *Experiență recentă cu aditivi organici pentru a preveni coroziunea și depunerile pe suprafețele de schimb de căldură în cazane de presiune înaltă.* Combustion, *38*, nr. 11, mai 1967.

Kuhn, E. *Epurarea apelor extrem de impurificate cu ajutorul rășinilor macroporoase.* Experiență practică. Acqua Industriale, mart.—apr. 1967, p. 22—29.

Songa, T. *Mecanismul coroziunii.* Acqua Industriale, mart.—apr. 1967, p. 30—34.

Stevart, J. M. *Unele aspecte practice ale demineralizării cu vaporizatori.* Acqua Industriale, mai-iunie 1967, p. 11—23.

Cernosubov, B. *Metodă de a evita formarea depunerilor cu ajutorul germenilor de cristalizare.* Acqua Industriale, iul.-aug. 1967, p. 17—22.

Potter, E. C. și Maun, G. W. M. *Creșterea liniară rapidă a magnetitei pe oțelul-carbon în mediu apos, la temperatură înaltă.* Acqua Industriale, septembrie-octombrie 1967, p. 5—15.

Vastrcil, J. și Tesarik, I. *Floacularea cu ajutorul activatorilor de coagulare.* Acqua Industriale, mart.-apr. 1967, p. 22—29.

Heid, H. D. *Protecția împotriva coroziunii în circuitele de apă de răcire.* Mitt. VGB, 106, februarie 1967, p. 28—39.

Vošta, J. ș.a. *Piperidina, un reactiv alcalin volatil.* Mitt. VGB, 106, febr. 1967, p. 39—41.

Spillner, F. *Chimismul curățirii chimice a cazanului cu acizi conținînd fluoruri.* BWK, Bd. *19*, nr. 7, iul. 1967.

* * * *Proiect de recomandări pentru furnitura unui schimbător carboxilic, asociat cu un degazor atmosferic și a materialului anexă.* Apave, 48, nr. 160, 1967, p. 33—35.

Hômig, H. E. *Coroziuni pe partea de apă în țevile fierbătoare.* Mitt. VGB, nr. 111, dec. 1967, p. 397—402.

Class, G. *Depuneri de săruri în porțiuni „moarte" ale conductelor de abur.* Mitt. VGB, nr. 111, dec. 1967, p. 410—414.

Ciobanu, S., Kaufman, M. și Voicu, Gh. *Primele rezultate privind cercetarea efectelor creșterii vitezelor de circulație a apei asupra depunerilor din țevile condensatoarelor.* Energetica, 15, nr. 1, 1967, p. 8—13.

Stanisavlievici, L. *Folosirea fosfatului în cazane de presiune ridicată.* Combustion, *38*, nr. 10, apr. 1967, p. 41—43.

Stanisavlievici, L. *Probleme actuale ale regimului chimic al apei pentru cazane de presiune înaltă.* Energetica, *15*, nr. 4, 1967.

Negulescu, L. *Noi reglementări în regimul chimic al cazanelor de abur și perspectivele perioadei 1967—1970.* Energetica, 15, nr. 5, 1967.

Condurache, E. *Funcționarea filtrelor-barieră la CET Borzești.* Energetica, *15*, nr. 5, 1967.

Barabas, Al. *Instalația de tratare a apei de la blocul de 100 MW.* Energetica, *15*, nr. 6, 1967.

Zdrahal, M. *Tratarea apei pentru circuitele de răcire pe platformele industriei chimice.* Energetica, *15*, nr. 6, 1967.

Kunin, R. *Dezvoltări recente și viitoare în tehnologia schimbătorilor de ioni.* Laboratorul de cercetări Rohm and Haas, 1967.

Held, H. D. și Bujak, W. *Posibilități de folosire a oțelurilor nobile pentru țevile condensatoarelor, în concepție americană.* Energie, *19*, nr. 1, ian. 1967.

Kautz, K. *Depuneri de substanțe în țevi și tambure din cazanele de abur.* VGB, Consfătuirea „Apa de alimentare", Essen, 1967.

Kurapkat, H. *Reducerea catalitică a oxigenului în soluție apoasă.* VGB, Consfătuirea „Apa de alimentare", Essen, 1967.

Herbsleb, G. *Posibilități de folosire și comportarea la coroziune a țevilor din oțeluri feritice cu crom.* VGB, Consfătuirea „Apa de alimentare", Essen, 1967.

Luck, W. *Experiență practică cu aparate de determinare a oxigenului prin taliu, în condiții diverse de exploatare.* VGB, Consfătuirea „Apa de alimentare", Essen, 1967.

Treille, D. *Procedeul continuu de schimb de ioni Asahi și aplicarea lui la tratarea apei.* VGB, Consfătuirea „Apa de alimentare", Essen, 1967.

Limbach, F. și Martinola, Fr. *Perspectivele procedeului de regenerare în contracurent.* VGB, Consfătuirea „Apa de alimentare", Essen, 1967.

Kühle, H. *Probleme de apă în centrale nucleare cu reactoare răcite cu apă.* VGB, Consfătuirea „Apa de alimentare", Essen, 1967.

Stanisavlievici, L. *Tratarea condensatului turbinelor. Principii pentru alegerea schemei.* Consfătuirea de la Craiova, noiembrie 1967.

Zdrahal, M. *Metode noi de îndepărtare a substanțelor organice din apa de alimentare a cazanelor de abur.* Consfătuirea de la Craiova, noiembrie 1967.

Fendrihan, L. și Slăvescu, A. *Stabilirea indicilor optimi de calitate ai apei din cazan prin încercări termochimice la cazanele de abur CR—01—02 și CR—12.* Consfătuirea de la Craiova, noiembrie 1967.

Sușman, C. *Eficiența aplicării normativelor ISCIR cu privire la pregătirea și conservarea suprafețelor interioare ale cazanelor de abur.* Consfătuirea de la Craiova, noiembrie 1967.

Romanescu, D. *Automatizarea instalațiilor de tratare a apei din centralele termoelectrice.* Consfătuirea de la Craiova, noiembrie 1967.

Ungureanu, C. *Tratarea condensatului la grupul de 150 MW.* Consfătuirea de la Craiova, noiembrie 1967.

Negulescu, L. *Măsuri pentru eliminarea silicei din circuitul apă-abur al cazanelor cu presiuni peste 40 kgf/cm².* Consfătuirea de la Craiova, noiembrie 1967.

Lipkovits, F. *Tratarea apei din circuitul de răcire al schimbătoarelor de căldură tehnologice.* Consfătuirea de la Craiova, noiembrie 1967.

Fodoreanu, C. *Experienţa cu filtre cu pat mixt la tratarea condensatului de bază.* Consfătuirea de la Craiova, noiembrie 1967.

Neuberger, G. *Probleme legate de calitatea alamei din ţevile condensatoarelor turbinelor.* Consfătuirea de la Craiova, noiembrie 1967.

Principalele manifestări din anul 1968 (din Europa)

— A IV-a Conferinţă „Dezvoltări la Milano (privind poluarea aerului, apei şi solului)", Milano, ianuarie.
— Simpozionul „Apa pentru mîine". Cercetări pe plan internaţional. Milano, 18—19 aprilie.
— Zilele internaţionale de studiu al apei. CEBEDEAU, Liège, 13—17 mai.
— Conferinţa „Problema apei în Italia; apele costiere". FAST, Milano, iunie.
— Seminarul „Teoria procesului elementar al purificării apei". FAST, Torre Canne, septembrie.
— Conferinţa anuală VGB „Apa de alimentare a cazanelor de abur". Essen, 15—16 octombrie.
— A IV-a Conferinţă a Societăţii cehoslovace ştiinţifice şi tehnice „Probleme de tratare a apei". Karlovy Vary, noiembrie.
— Conferinţa „Coroziunea şi protecţia anticorosivă a metalelor în contact cu apele dulci şi sărate". FAST, Milano, decembrie.

Reviste şi publicaţii de specialitate

Australasian Water Well Journal — Sidney, Australia.
Water — Sidney, Austria.
Belgish Studie en Documentie centrum voor Water, Herstal Belgia.
Technique de l'eau et de l'Assainissement — Brussel, Belgia.
Hidrotechnika i Meliolozia — Sofia.
Vodui Hispodarstvi — Praga.
Vandteknik — Copenhaga.
Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen — Koblenz, R. F. a Germaniei.
Dokumentation Wasser — Bielefeld, R. F. a Germaniei.
Industrieabwässer — Düsseldorf, R. F. a Germaniei.
Literaturberichte über Wasser, Abwasser, Luft und Boden — — Stuttgart, R. F. a Germaniei.
Mitteilungen der Vereinigung der Grosskesselbesitzer. VGB, Essen, R. F. a Germaniei.
Energie — Gräfelfing, R. F. a Germaniei.
Technische Überwachung — München, R. F. a Germaniei.
Brennstoff — Wärme — Kraft (BWK) — R. F. a Germaniei.
Wärme — Gräfelfing, R. F. a Germaniei.
Wasseraufbereitungsanlagen — Berlin, R.D.G.
Wasserwirtschaft und Wassertechnik (WWT) — Berlin, R.D.G.
Vesitalous — Helsinki.
Eaux et Industries — Paris.
Technique de l'eau et de l'assainissement — Paris.
Revue générale de thermique — Paris.
Combustion — New York.
Teploenerghetika — Moscova.
Energhetik — Moscova.
Elektriceskie stanţii — Moscova.
Air and Water Pollution — Oxford.
Acqua — I.W.S.A. — Londra.
Effluent and Water Treatment Journal — Londra.
Journal of the Institution of Water Engineers — Londra.
Water and Waste Treatment — Londra.
Water Pollution Abstracts — Londra.
Journal of Soil and Water Conservation in India — New Dehli.
Acqua Industriale — Milano.
Kogyo Yosui — Tokio.
Bilten Dokumentacije — Belgrad.
Kansas Water News — Toronto.
Desalination — Amsterdam.
Water — Haga.
Vanu — Oslo.
Osterreichische Wasserwirtschaft — Viena.
Svenska Vattenkfrat — Stockholm.
Wasser- und Energie Wirtschaft — Zürich.
Vizügyi Közlemények — Budapesta.
Industrial Water Engineering — Minneapolis, S.U.A.
Journal of American Water Works Association — New York.
Journal Water Pollution Control Federation — Washington.
Pure Waters — Chicago.
Water Conditioning Sales — Minneapolis.
Water and Sewage Works, WSW — Chicago.
Water Works and Water Engineering — New York.

CRONICĂ

Cea de-a 14-a sesiune anuală de comunicări ştiinţifice a Institutului de energetică al Academiei R. S. România

Lucrările celei de-a 14-a sesiuni anuale de comunicări ştiinţifice a Institutului de energetică al Academiei R. S. România s-au desfăşurat în perioada 21 — 23 martie a. c. în Bucureşti, în sala Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor.

Cuvîntul de deschidere a fost rostit de acad. prof. dr. doc. Remus Răduleţ, care a trecut în revistă realizările ştiinţifice ale Institutului de energetică din anul 1967.

Ca şi în anul 1966, tematica planului de cercetare al Institutului pe anul 1967 a fost alcătuită plecînd de la sarcinile trasate energeticii prin Programul unitar elaborat de Consiliul Naţional al Cercetării Ştiinţifice. Ea a reflectat continuitatea principalelor preocupări ale institutului, axate pe studiul sistematic al modalităţilor de satisfacere în condiţii optime a nevoilor de energie ale economiei noastre naţionale.

Cele mai multe din colectivele de cercetare ale institutului au obţinut în cursul anului 1967 însemnate realizări în adîncirea şi lărgirea cunoştinţelor actuale şi privind domeniul lor specific de investigaţie ştiinţifică, unele dintre rezultatele dobîndite fiind caracterizate prin aplicaţii practice nemijlocite. Dintre ele, le vom aminti pe cele care, prin nivelul lor ştiinţific, prin consecinţele introducerii lor în practica noastră, prezintă o importanţă deosebită.

În domeniul *electroenergetic*, cercetările întreprinse în domeniul cîmpurilor şi al undelor electromagnetice şi-au găsit aplicaţii în probleme de ecranare a barelor din centrale, precum şi de propagare pe linii electrice lungi şi cu pierderi. Unele dintre lucrările elaborate au rezolvat probleme referitoare la funcţionarea sistemelor electroenergetice, cum sînt problema privind asigurarea şi optimizarea reglajului automat de tensiune şi frecvenţă-putere utilizată de către I R M E încă în cursul anului 1967, precum şi studiile de determinare a rezervei de stabilitate, contribuţiile aduse la analiza supratensiunilor de origine atmosferică şi de comutaţie etc.

Realizări ştiinţifice şi practice demne de reţinut s-au obţinut în adîncirea unor procese electrodinamice şi electromagnetice în maşinile electrice de mare putere, precum şi în comportarea acestora în sistem.

Continuîndu-se cercetările de laborator pe un prototip original de pompă sonică, s-au obţinut — prin modelizarea condiţiilor unui program la o sondă de ţiţei — rezultate care vor permite trecerea la experimentări cu caracter semiindustrial.

Definitivarea teoriei privind acţionările cu motor cu mişcare liniară alternativă a compresoarelor şi a efectului de adaptare automată la sarcini de compresiune variabilă a acestui motor a permis aplicarea acestuia în frigotehnică.

Deşi sînt la început cercetările în domeniul transformării directe a altor forme de energie în energie electrică, anul care a trecut a marcat, totuşi, rezultate parţiale originale privind atît pilele de combustie, cît şi proprietăţile electromagnetice ale plasmei.

În domeniul *termoenergeticii*, cercetările privind intensificarea arderii combustibililor solizi în unităţile de mare capacitate au fost caracterizate prin definitivarea principalelor studii teoretice şi experimentale de laborator, privind viteza de ardere a particulei de combustibil solid şi gazodinamica focarului ciclon în regim bifazic izotermic, precum şi prin realizarea bazei experimentale, în fază pilot, necesară trecerii la experimentări la cald.

Interesante rezultate, cu aplicaţii practice la marile combinate chimice, s-au obţinut în domeniul arderii combustibililor lichizi grei şi a reziduurilor fenolice.

S-au încheiat cercetările privind procesele de stabilizare a flăcărilor difuzive în cazul jeturilor încrucişate, precum şi cele privind fenomenele staţionare de aprindere şi stabilizare a amestecurilor omogene ale combustibililor, rezultatele permiţînd modelizarea instalaţiilor industriale de ardere a combustibililor gazoşi în vederea optimizării funcţionării lor.

În studiul transferului de căldură şi masă din procesele aciclice desfăşurate în regim supersonic, s-a stabilit şi s-a verificat experimental posibilitatea reprezentării pe model, pe o instalaţie funcţionînd în regim subsonic.

În afara cercetărilor teoretice privind termodinamica ciclurilor *centralelor nuclearoelectrice*, care s-au concretizat în studii utilizate la I S P E , s-a trecut la pregătirea bazei materiale necesare efectuării, începînd cu anul 1968, a încercărilor experimentale pe modele a unora din procesele termice şi hidrodinamice din reactoarele nucleare energetice. La această activitate au luat parte şi cercetători ai Centrului de cercetări şi proiectări de cazane, care au efectuat un stagiu în institut. În legătură cu aceasta s-a subliniat că Institutul de energetică pune la dispoziţia tuturor institutelor departamentale recent înfiinţate şi de profilul vreunuia din sectoarele sale întreaga sa experienţă, precum şi accesul la baza materială de care dispune, în vederea scurtării intervalului de timp necesar pentru acoperirea cît mai corespunzătoare a sarcinilor de cercetare care le revin, precum şi a timpului pentru antrenarea în muncă a cercetătorilor lor mai noi. În aceeaşi ordine de idei, sistemul de doctorat, organizat în institut în diferite domenii ale energeticii, este deschis oricărui specialist dornic să-şi ridice nivelul profesional pe această cale şi, îndeosebi, celor care vor să se dedice activităţii de cercetare.

În domeniul proceselor ciclice s-a evidenţiat elaborarea unui model al modului de desfăşurare a proceselor ce au loc în decursul vaporizării filmului de combustibil pe peretele camerei de ardere a motorului cu aprindere prin compresie, extinderea analizei stabilităţii proceselor la cele de injecţie, aprofundarea explorării regimului detonant în condiţiile camerei de ardere practicată în piston, modelizarea fizică şi matematică a proceselor de amestecare în motorul Diesel, precum şi stabilirea influenţei factorilor constructivi şi funcţionali ai motorului asupra energiei gazelor de evacuare.

În afara eforturilor necesitate de cercetarea propriu-zisă, munca institutului s-a desfăşurat şi în coordonarea lucrărilor din tema privitoare la stabilirea condiţiilor tehnico-economice optime de fabricare şi utilizare a motorinei în motoarele cu aprindere prin compresie, problemă de o deosebită însemnătate economică — şi la care au colaborat patru departamente economice prin 11 din unităţile lor centrale şi de cercetare.

Şi în acest an sînt de remarcat rezultate teoretice valoroase în analiza sistemelor de *optimizare automată*, ca, de exemplu, generalizarea teoriei hiperstabilităţii prin eliminarea condiţiilor de „nedegenerare”, formularea unor noi proprietăţi ale sistemelor adjuvante şi a metodelor de determinare a soluţiilor lor cu aplicaţii la optimizarea sistemelor automate descrise în formă canonică etc.

În domeniul *sistemelor de comunicaţie* pentru transmisiunea de informaţie în energetică, s-a trecut la verificări experimentale privind transmiterea semnalelor prin modulaţie de fază, cu separarea spectrului semnalului de bază în subbenzi, folosind un sistem de modulatoare dispuse în cascadă.

O mare pondere în tematica institutului pe anul 1967 au avut-o problemele de *economie energetică*. S-a elaborat metodica de preevaluare a necesarului de energie în sectoarele industriale ale economiei naţionale, metodică adaptată şi folosită de Ministerul Industriei Materialelor de Construcţii şi de Ministerul Industriei Uşoare la planificarea necesarului de energie pe intervalul 1970 — 1980.

Merită a fi subliniate şi rezultatele obţinute în aplicarea cu caracter experimental, pe bază de cercetări din anul 1966, a metodologiei concepute în institut pentru optimizarea bilanţului energetic naţional, experiment care a evidenţiat posibilitatea obţinerii unor economii deosebit de însemnate.

Urmărind să contribuie la stabilirea metodologiei şi a criteriilor de optimizare a structurii sistemelor electroenergetice, specialiştii institutului au elaborat o metodă privind dimensionarea economică a obiectelor hidrotehnice cu folosinţe multiple şi de împărţire economică a cheltuielilor între aceste folosinţe — un sistem de indici caracteristici pentru problemele continuităţii alimentării cu energie —, precum şi un model matematic pentru întocmirea şi studiul variantelor de programare în perspectivă a dezvoltării centralelor nucleare în ţară, în vederea alegerii soluţiei optime.

În această ultimă direcţie de cercetare, se menţionează şi modelul matematic de analiză a eficacităţii ciclurilor de combustibili pentru reactoarele nucleare energetice.

Această complexă activitate ştiinţifică conexată cu activitatea ştiinţifică a unor cercetători din industrie şi învăţămîntul superior s-a prezentat în cadrul a 55 comunicări, după cum urmează :

A. În domeniul *electroenergetic* au fost prezentate comunicările :

1. **A. Ţugulea, I. Ciric (I. P. Bucureşti) : Studiul ecranelor electromagnetice în formă de coji sferice conductoare.**
2. **C. I. Mocanu : Calculul adîncimii de pătrundere a cîmpului electromagnetic în mediile conductoare.**
3. **A. Ţugulea, C. Flueraşu, F. Tomescu (I. P. Bucureşti) : Cîmpul electromagnetic şi parametrii tranzitorii ai unor elemente inductive.**
4. **P. Dimo, H. Cristea : Utilizarea conceptelor figurative în automatizarea analizei comportării sistemelor electroenergetice.**
5. **E. Arie : Metoda operatorilor de triangularizare. Aplicaţii în energetică.**
6. **M. Bercovici, A. Arie (I. P. Bucureşti) : Aplicarea unor operatori de ortogonalitate pentru determinarea defectelor nete nesimetrice multiple în reţelele electrice.**
7. **M. Pomîrleanu : Selectarea factorilor determinanţi ai valorii curenţilor de scurtcircuit.**
8. **A. Carabulea (I. P. Bucureşti) : Contribuţii la studiul reţelelor electrice nesimetrice prin construcţie.**
9. **Fl. Stănciulescu (MICM–ICPE) : O metodă bazată pe convoluţia în planul complex, pentru rezolvarea unor probleme de cîmp electromagnetic în medii neliniare.**
10. **C. I. Mocanu : Contribuţii la studiul macroscopic al conductivităţii mediilor conductoare.**
11. **M. Marinescu, St. Doboş : Studiu experimental privind influenţa naturii electrozilor asupra funcţionării pilelor de combustie.**
12. **A. Avramescu, Gl. Drăgan : Studiul comportării liniilor de înaltă tensiune la acţiunea supratensiunilor pe baza teoriei probabilităţilor.**
13. **Gl. Drăgan : Asupra descărcării corona de curent continuu în cazul a două conductoare paralele.**
14. **B. Mathe, I. Răducan, I. Jlincsek (M.I.C.M.–Uz. „Electroputere” Craiova) : Particularităţile fenomenului tranzitoriu de impulsie la transformatoarele de înaltă tensiune cu intrare la mijlocul înfăşurării.**
15. **A. Marinescu (M.I.C.M.–Uz. „Electroputere” Craiova) : Producerea supratensiunilor de comutaţie prin inducţie electromagnetică în transformatorul de încercat.**
16. **C. Apetrei, I. Bestea, Gh. Nitu (I. P. Bucureşti) : Răspunsul schemelor de excitaţie ale maşinii sincrone – definiţie şi metode de determinare.**
17. **A. Moraru : Excitaţia în sarcină a turbogeneratorului sincron.**
18. **P. Oprişan : Atenuarea pendulaţiilor rotorului motorului sincron la funcţionarea în regim de sarcină variabilă periodic.**
19. **V. Bunea (M.I.C.M. – Uz. Maşini electrice Bucureşti) : Teoria generatorului de medie frecvenţă în cîmp pulsator.**
20. **E. Nicolescu (M.I.C.M. – Uz. Maşini electrice Bucureşti) : Generator polifazat de medie frecvenţă.**

21. M. Bîrgăoanu : Efectul reglării excitaţiei asupra comportării dinamice a motorului sincron.
22. I. D. Landau, St. Gavăţ, A. Grossu (M.I.C.M.—I.P.A.) : Rezultatele obţinute cu o metodă de reglare a vitezei motoarelor asincrone cu rotorul în scurtcircuit.
23. V. D. Saviuc, M. T. Lucanu (Acad. R.S.R. — C.C.I. Iaşi) : Comparaţia caracteristicilor servomotorului asincron difazat cu rotor feromagnetic masiv cu cele ale servomotorului cu rotor cu colivie.
24. M. Marinescu : Studiul unui agregat oscilocompresor.
25. M. Marinescu, C. Saal (I. P. Braşov) : Forţe de dislocaţie la motoare liniare de tip parametric.
26. C. Saal (I. P. Braşov) : Cu privire la teoria vibratorului electromagnetic reactiv elementar.

B. În domeniul *electronicii şi automaticii* s-au prezentat comunicările :

1. E. I. Rodeanu : Calculul factorilor de distorsiune în modulatoarele de fază cu mare derivaţie.
2. C. Belea : Asupra unor proprietăţi ale sistemelor adjuncte şi implicaţiile lor în problema optimizării sistemelor automate.
3. E. Rădăceanu : Asupra echivalenţei sistemelor de comandă optimală şi a metodelor iterative de calcul.
4. M. Vartolomei : Asupra bilanţului de timp al calculatorului industrial.

C. În domeniul *termoenergetic* s-au prezentat comunicările :

1. C. Coroiu, I. Nistor : Dinamica caracteristicilor chimice ale lignitului de Rovinari în procesul de ardere.
2. I. Carabogdan, D. Manolescu : Corelaţia dintre viteza de ardere şi viteza relativă mediu-particulă.
3. N. Pánoiu : Influenţa concentraţiei fazei solide asupra funcţionării focarului ciclon orizontal în regim izotermic.
4. V. V. Ghia, N. Lemneanu : Influenţa caracteristicilor mediului comburant asupra arderii picăturilor de combustibili lichizi grei.
5. I. Iordache : Lungimea şi stabilitatea flăcărilor difuzive turbulente în jeturi de gaze combustibile mărginite de pereţi.
6. N. Antonescu, I. Rădulescu : Caracteristicile frontului de flacără la arderea turbionară în incinte.
7. V. Pimsner, I. Mărăcineanu : Dependenţa dintre criteriul Reynolds şi transferul de căldură din reţeaua confuzoare de palete.
8. N. I. Popescu, Discontinuităţi de contact termic în transferul de căldură de la segment la cilindru.
9. B. Barbescu : Cercetări experimentale privind acţionarea turbinei cu gaze la motoarele Diesel cu supraalimentare înaltă.
10. N. Blezu : Aplicaţie a metodelor statisticii matematice pentru studiul pe modele al proceselor de formare a amestecului combustibil din motorul Diesel.
11. L. Teodorescu, V. Harbur : Influenţa volumului elastic de acumulare la pompa de injecţie asupra stabilităţii procesului de injecţie şi caracteristicilor motorului.
12. S. Faur, St. Manea, I. Minea, C. A. Vasilescu : Studiul dependenţei dintre proprietăţile fizico-chimice ale motorinei şi arderea ei corectă în motorul D-103.
13. Al. Voiculescu (M.I.C.M.—I.C.P.A.T. Braşov) : Motorul D-103 ca sursă energetică pentru locomotiva Diesel de mină.
14. N. Linte (M.I.C.M.—I.C.P.A.T. Braşov) : Studiul factorilor ce influenţează elasticitatea motorului SR-211.
15. A. C. Vasilescu, I. Ştefan : Ameliorarea funcţionării la altitudine a motoarelor cu carburator pentru automobile.

D. În domeniul *economiei în energetică* s-au prezentat comunicările :

1. C. Haiduc : Modelul matematic de analiză termodinamică a ciclurilor centralelor nuclearoelectrice cu reactoare moderate cu apă grea.
2. C. Haiduc, Al. Szmuk : Modelul matematic de analiză a eficacităţii ciclurilor de combustibil nuclear.
3. M. Bercovici, Al. Szmuk : Model matematic pentru studiul unui program de perspectivă optimizat al centralelor nucleare.
4. Cs. Nagy, V. Caracudovici, S. Manea : Asupra modelării matematice a corelaţiei multiple între consumul de energie şi indicatorii energo-economici ai producţiei.
5. D. Golici (M.E.E.—ICENERG) : Determinarea consumului specific de căldură în condiţii de sarcină variabilă.
6. St. Kovacs : Analiza interşanjabilităţii purtătorilor de energie şi definirea consumurilor ce nu admit interşanjabilitate.
7. N. Liciu : Semnificaţia şi utilizările variabilelor duale ale modelului de optimizare a planului de aprovizionare cu combustibil şi energie.
8. E. Arie, A. Soci : Metode de dimensionare a rezervei de avarie, pentru studiul dezvoltării sistemelor electroenergetice.
9. A. Soci : Sistem de indici ai continuităţii energiei livrate pentru compararea variantelor de reţele electrice.
10. M. Petcu : Schematizarea conexiunilor tehnico-economice ale centralelor hidroelectrice în cadrul amenajărilor complexe ale apelor.

În cadrul discuţiilor s-a reliefat faptul că activitatea desfăşurată în anul 1967 arată o ridicare a nivelului ştiinţific al cercetărilor din institut, manifestată prin orientarea mai accentuată a cercetătorilor spre problemele cu caracter fundamental şi printr-o adîncire ştiinţifică a problemelor abordate.

Ritmul viu de dezvoltare a economiei noastre naţionale cere ca multe din problemele energeticii — chiar dacă au fost rezolvate într-un anumit mod în alte ţări — să nu poată fi preluate sau adaptate direct, ci să fie rezolvate potrivit cu condiţiile specifice ţării noastre, iar alte probleme să fie rezolvate nu numai cu mijloace, dar şi cu metode proprii.

Această sesiune a avut scopul de a face cunoscute, în cercurile de specialişti, rezultatele obţinute prin munca din anul trecut, dar şi să exprime hotărîrea cercetătorilor de a colabora cu toţi specialiştii din domeniul energeticii, la rezolvarea problemelor ştiinţifice şi practice multiple şi complexe, pe care le ridică dezvoltarea rapidă a energeticii ţării.

Dr. ing. **Nicolae Pănoiu**

A VI-a Sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice a Întreprinderii pentru raţionalizarea şi modernizarea instalaţiilor energetice (IRME)

În zilele de 17—19 iunie 1968 s-au desfăşurat la Bucureşti lucrările celei de-a VI-a sesiuni de comunicări tehnico-ştiinţifice a Întreprinderii pentru raţionalizarea şi modernizarea instalaţiilor energetice (IRME), sub conducerea Ministerului Energiei Electrice şi a Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R. S. România.

În cadrul acestei sesiuni, care a avut ca temă ,,*Noi realizări în domeniul perfecţionării schemelor şi instalaţiilor energetice*'', au fost prezentate referate cuprinzînd atît cele mai importante lucrări efectuate de IRME în ultimii ani, cît şi referate ale specialiştilor din alte întreprinderi din ţară şi din R.S.F. Iugoslavia.

La lucrările sesiunii, care s-au desfăşurat în amfiteatrele Facultăţii de Drept din Bucureşti, au participat academicieni, profesori, specialişti din conducerea M.E.E., energeticieni din institutele politehnice, delegaţi din întreprinderile M.E.E. şi specialişti din institutele şi întreprinderile cu profil similar din ţară.

De asemenea, a participat un specialist de la Institutul VEIKI, din Budapesta, şi doi specialişti din R.S.F. Iugoslavia.

Lucrările sesiunii au fost deschise de ing. Cr. Vîlciu, adjunct al ministrului energiei electrice, care a făcut o scurtă prezentare a preocupărilor şi realizărilor obţinute în R. S. România în domeniul perfecţionării schemelor şi instalaţiilor energetice, exprimînd interesul pentru lucrările acestei sesiuni, care oglindesc activitatea complexă a IRME.

În şedinţa festivă de deschidere, în faţa a peste 400 de participanţi, au mai luat cuvîntul : acad. prof. ing. M. Bercovici, ing. St. Feldman, director general al D.G.P.T.E.E. — M.E.E., ing. C. Negoiţă, secretar C.N.I.T., ing. S. Păuna, secretar ştiinţific Comisia IV din C.N.C.S., ing. V. Partenie, director general D.G.D.E.E.—M.E.E., dr. ing. V. Nitu, director ISPE, şi ing. Gh. Bălan, director I.R.M.E., care au subliniat rolul şi importanţa activităţii I.R.M.E. şi contribuţia acestor sesiuni la dezvoltarea sectorului energiei electrice din R. S. România.

Lucrările sesiunii s-au desfăşurat în cadrul a patru secţii de specialitate, şi anume :

Secţia A — *Echipament electric în centrale, staţii şi reţele*, condusă de acad. prof. ing. M. Bercovici.

Secţia B — *Automatizări, telemecanică, telecomunicaţii*, condusă de prof. ing. S. Călin.

Secţia C — *Termoenergetică*, condusă de ing. H. Furtunescu (Director D.G.P.T.E.E.—M.E.E.).

Secţia D — *Hidroenergetică*, condusă de dr. ing. P. Wissner, (I.S.P.H.).

Problemele abordate au fost următoarele :

— *Termoenergetică* :

— probleme legate de economisirea şi raţionalizarea consumurilor de combustibil prin ridicarea randamentelor şi scăderea consumurilor specifice ;

— optimizarea instalaţiilor de reglaj automat ;

— crearea unor condiţii mai bune de muncă, prin combaterea zgomotului şi gradului de poluare a atmosferei mediului înconjurător.

— *Hidroenergetică* :

— probleme legate de studierea performanţelor utilajului hidroenergetic şi măsuri de îmbunătăţire a lui, cu contribuţii teoretice la ridicarea preciziei metodelor de măsură ;

— optimizarea funcţionării circuitelor hidrotehnice din centralele electrice ;

— problema hidrometriei de exploatare.

— *Electroenergetică* :

— probleme ale comportării în exploatare a utilajului energetic şi în special la efectul supratensiunilor atmosferice şi de comutaţie ;

— scheme de funcţionare a reţelelor, în special cele de medie tensiune ;

— scheme optime pentru funcţionarea serviciilor interne ale centralelor electrice ;

— organizarea şi dotarea tehnică corespunzătoare a dispecerilor de hidrocentre, teritoriale sau locale ;

— extinderea automatizărilor, telemecanizărilor şi a telecomunicaţiilor în sistemul energetic.

Ca un punct comun pentru toate trei domeniile de activitate la sesiune, s-au prezentat o serie de comunicări care au reflectat realizări concrete de aparatură specifică, destinată fie cercetării, fie pentru dotarea întreprinderilor sistemului energetic.

S-a remarcat, ca un fapt deosebit de pozitiv, că multe lucrări au prezentat soluţii originale, unele dintre ele constituind chiar brevete româneşti : atenuarea zgomotelor gazodinamice la centralele electrice, o nouă metodă pentru stabilirea profilului optim al camei combinatorii la turbinele Kaplan, releu de frecvenţă tranzistorizat, pentru descărcarea automată a sarcinii.

Eficacitatea lucrărilor de cercetare este o problemă permanentă în atenţia elaboratorilor lucrărilor, manifestată prin rezultatele concrete, obţinute fie sub forma unei aparaturi utile pentru aprofundarea fenomenelor, fie prin noi metodologii necesare optimizării instalaţiilor.

Din punctul de vedere al modului de desfăşurare, actuala sesiune a întrunit o largă participare, atît la prezentarea comunicărilor cît şi la dezbaterea lor.

Trebuie menţionată contribuţia interesantă, atît la comunicări cît şi la dezbateri, a delegaţiilor din Republica Socialistă Federativă Iugoslavia şi Republica Populară Ungară.

Pe secţii, situaţia s-a prezentat astfel :

Secţia A — *Echipament electric în centrale, staţii şi reţele* — a dezbătut 17 referate, din care 12 întocmite de IRME şi 5 în colaborare sau ale altor institute.

Secţia B — *Automatizări, telemecanică, telecomunicaţii* — — a prezentat 20 referate, din care 14 ale IRME şi 6 în colaborare sau ale altor institute.

Secţia C — *Termoenergetică* — 13 referate, din care 8 ale IRME şi 5 în colaborare sau ale altor institute.

Secţia D — *Hidroenergetică* — 21 referate, din care 12 ale IRME, 1 referat al unui delegat al R.S.F. Iugoslavia şi 8 referate cu colaborarea IRME sau ale altor întreprinderi.

Larga participare la discuţii a demonstrat importanţa şi actualitatea problemelor puse în dezbatere, confirmînd astfel orientarea corectă a activităţii IRME.

Ele au scos însă în evidenţă şi faptul că rezultatele prezentate, în special ca urmare a activităţii de cercetare, puteau fi superioare dacă exista o bază materială corespunzăroare, atît în ceea ce priveşte mijloacele directe de cercetare, ca aparatură şi instalaţii (standuri de încercări), cît şi mijloacele auxiliare de calcul.

De asemenea, a ieşit în evidenţă faptul că o serie de realizări valoroase obţinute de alte unităţi din sector sau chiar din afara lui, în contingenţă cu activitatea IRME, nu sînt suficient cunoscute, apărînd astfel necesară organizarea unei mai strînse şi eficiente colaborări pentru diversele colective de specialişti.

Din lucrările prezentate, precum şi din problemele ridicate în cadrul sesiunii, trebuie reţinute pentru viitor următoarele sarcini :

— completarea propunerilor de plan pe anul 1969 sau a temelor lucrărilor propuse pentru 1969 cu problemele rezultate din discuţiile purtate ;

— organizarea unei mai largi colaborări atît între unităţile din sector cît şi cu cele din afară şi coordonarea acestei acţiuni în mod organizat prin CCAS ;

— organizarea unei colaborări directe cu specialiştii din R.S.F. Iugoslavia, în special în problema stabilirii metodologiei optime de măsurare a performanţelor echipamentului hidroenergetic ;

— intensificarea activităţii de producţie a utilajului specific lucrărilor de cercetare prin crearea condiţiilor necesare ;

— urgentarea execuţiei bazei materiale (staţia de încercări şi laboratoare) ;

— preluarea de către M.I.C.M. a unor rezultate valoroase în domeniul producţiei de aparate cu specific energetic (relee, aparate de control, aparate de acţionare) şi organizarea producerii lor de serie.

Cea de-a VI-a sesiune tehnico-ştiinţifică a IRME a marcat creşterea calitativă a lucrărilor de cercetare, aplicative şi de dezvoltare şi a subliniat sarcinile care stau în faţa colectivelor de ingineri şi tehnicieni din sectorul energetic.

Director ing. **Gh. Bălan**

Lista lucrărilor prezentate la sesiune

A. Secţia echipament electric în centrale, staţii şi reţele

A. 1. Ionescu, Al., Popa, B., Bensimon, A., Bratu, A., Goldenberg, R., Puşcoci T. şi Cristovici A. : Determinarea supratensiunilor de comutaţie în reţelele de înaltă tensiune.

A. 2. Cristovici, A. şi Bensimon, A. : Analiza posibilităţilor de apariţie a supratensiunilor de rezonanţă în reţelele de 220—400 kV.

A. 3. Bensimon, A. şi Puşcoci, T. : Probleme ridicate de curenţii armonici în reţelele de înaltă tensiune.

A. 4. Săndulescu, L. şi Launer, D. : Analiza comportării la supratensiuni atmosferice a instalaţiilor electroenergetice.

A. 5. Popa, B. : Analiza protecţiei instalaţiilor de 220 kV contra supratensiunilor atmosferice.

A. 6. Săndulescu, L. : Studiu cu privire la modificarea şi îmbunătăţirea prescripţiilor de protecţie contra supratensiunilor atmosferice.

A. 7. Goldenberg, R. şi Radu, R. : Contor de supratensiuni în reţelele de medie tensiune.

A. 8. Mathe, B. şi Burghina, E.: Analiza eficienţei protecţiei instalaţiilor electrice împotriva trăsnetului prin „cablu scurt”, cu ajutorul modelului matematic analogic.

Al 9. Mumjinski, E. şi Goldenberg, R. : Eficacitatea defectoscopiei prin înaltă frecvenţă pe liniile electrice aeriene.

A.10. Mumjinski, E. şi Goldenberg, R. : Experimentarea metodei de defectoscopie prin înaltă frecvenţă pentru depistarea izolaţiei staţiilor de transformare.

A.11. Tendler, M. şi Paltin, M. : Comportarea izolatorilor de înaltă tensiune de tip exterior în medii poluate.

A.12. Radu, N. : Cercetări pentru stabilirea principiilor de bază de adoptat în reţelele de 15 (20) kV privind alegerea modului de tratare a neutrului şi a schemelor de protecţie.

A.13 Săndulescu, L. : Aspecte ale coordonării izolaţiei în reţelele de 15 kV.

A.14. Creţu, D., Marini, G. şi Puşcoci, T.: Unele concluzii privind determinarea în condiţii de exploatare a caracteristicilor şi parametrilor turbogeneratoarelor din centrale.

A.15. Hartzberg, K. : Protecţia contra şocurilor de tensiune.

A.16. Mumjinski, E., Georgescu, Gh. şi Tăutu, M. : Laborator mobil pentru încercarea instalaţiilor electroenergetice de 6—35 kV cu înaltă tensiune continuă şi alternativă.

A.17. Goia, L., Stănescu, M. şi Cristescu, M. : Cuvă electrolitică pentru cercetări asupra prizelor de pămînt.

B. *Secţia automatizări, telemecanică, telecomunicaţii*

B. 1. Ungureanu, A. şi Lupu, A. : Analiza statistică şi a funcţionării instalaţiilor de protecţie prin relee şi automatizări electrice.

B. 2. Zimand, R. şi Popescu, V. : Linii directoare pentru protecţia prin relee a reţelelor de medie tensiune 15 (20) kV.

B. 3. Zimand, R., Arhanghelschi, S., Mihordea, V. şi Stelescu, D. : Elaborări de relee pentru sesizarea punerilor la pămînt în reţelele cu neutrul izolat sau compensat.

B. 4. Chiselef, N. : Instalaţii de detectare a liniilor cu punere la pămînt în reţelele de medie tensiune prin variaţia curentului de compensare al bobinei.

B. 5. Ungureanu, A. şi Raţiu, A. : Cercetări privind elaborarea de aparate şi scheme în curent operativ-alternativ aplicabile la întreruptoare cu dispozitive de acţionare grele.

B. 6. Supp, M. : Protecţia diferenţială a barelor colectoare tip Siemens.

B. 7. Bercu, L. : Releu de frecvenţă minimă tranzistorizat.

B. 8. Blada, A. : Verificarea, reglarea şi punerea la punct a protecţiei contra punerilor la pămînt statorice la generatoarele Ganz de 25 MW.

B. 9. Duma, M. : General şi specific în telemecanica energetică.

B.10. Ciucescu, P. şi Radian, V. : Prezentarea dispecerului regional Dobrogea şi a instalaţiei de telemecanică şi telefonie prin curenţi purtători din I.R.E. Dobrogea.

B.11. Ciucescu, P., Ghitta, L., Săndulescu, V., Mateescu, T. şi Crîngu, C. : Echipament tranzistorizat de telecomunicaţii pentru linii de înaltă tensiune de tip BLU.

B.12. Gîdea, Gh. : Panou sinoptic mozaic.

B.13. Cosma, O. : Aplicarea metodelor algebrei booleene la sinteza automatelor secvenţiale complexe.

B.14. Vişan, D. şi Chiţulescu, S. : Proiectarea şi realizarea reţelelor de radiotelefon pe UUS, necesare deservirii intervenţiilor la LEA de înaltă tensiune.

B.15. Constantinescu, E. şi Vintilescu, M. : Contribuţii la optimizarea schemelor folosite pentru alimentarea serviciilor proprii ale centralelor termoelectrice.

B.16. Horodniceanu, M., Blada, A. şi Tivig, C. : Cerinţe noi pentru automatizările din reţeaua de servicii interne a centralelor electrice.

B.17. Leonida, D. : Contribuţii în problema repartiţiei optime a puterilor în centralele interconectate.

B.18. Cserveny, I. şi Costan, D. : Cercetarea proceselor dinamice în planul fazelor cu ajutorul calculatorului analogic IRME.

B.19. Nichifor, G. şi Vartolomei, M. : Dispozitiv ataşat unui calculator numeric pentru reprezentarea grafică automată a rezultatelor.

B.20. Lupu, A. şi Arhanghelschi, I.: Elaborarea unui releu static pentru protecţie diferenţială.

B.21. Dinculescu, C., Arie, A., Selischi, A., Zimand, R. şi Popescu, V.: Studiul pe model dinamic de sistem energetic al comportării dispozitivelor de blocaj la pendulaţii ale protecţiei de distanţă.

C. Secţia termoenergetică

C. 1. Antonescu, N. şi Rădulescu, I.: Probleme ale arderii intensificate în focare puternic răcite.

C. 2. Pavnotescu, O. şi Crăciuneanu, C.: Dispozitive speciale de măsurare la cazane.

C. 3. Goldstein, D.: Nomograme pentru determinarea excesului de aer şi nearselor la arderea amestecurilor de combustibil în focarele cazanelor de abur.

C. 4. Neuberger, G., Blada, L., Ghelase, I. şi Ciopec, M.: Cercetări privind posibilitatea tratării condensatului impurificat cu alumină la CET Oradea.

C. 5. Moisei, E., Theodorescu, C. şi Velichi, V.: Atenuarea zgomotelor gazodinamice la termocentrale.

C. 6. Neuberger, G., Costiner, Ed., Rozenman, L., Ghelase, I. şi Ciopec, M.: Cercetări asupra posibilităţii construirii în R. S. România a unui fotocolorimetru de laborator pentru a se folosi în sistemul energetic.

C. 7. Popescu, C.: Contribuţii teoretice la calculul coşurilor de fum ale termocentralelor şi corelarea lor cu rezultate experimentale.

C. 8. Goldstein, D.: Determinarea experimentală a consumului de căldură al turbinelor cu abur.

C. 9. Mărcuş, Gh.: Tendinţe în construcţia instalaţiilor de combatere a depunerilor de pe suprafeţele schimbătoare de căldură ale cazanelor de abur, pe partea gazelor de ardere.

C. 10. Răileanu, V. şi Roşca, P.: Cercetări privind realizarea unui termosemnalizator cu termistoare pentru lagăre.

C. 11. Binder, H.: Dilatometru absolut.

C. 12. Berbece, C., Livezeanu, S. şi Lupaşcu, I.: Cercetarea posibilităţilor de reglare a temperaturii aburului la ieşirea din cazanul TGM-84, cu ajutorul regulatorului de abur intermediar.

C. 13. Ciobanu, S. şi Voicu, Gh.: Precizări metodologice privind elementele necesare calculului termic al unui turn de răcire.

D. Secţia hidroenergetică

D. 1. Cosma, Gh.: Metoda măsurătorilor relative.

D. 2. Cosma, Gh., Bihoiu, Gh. şi Pop, Tr.: O metodă de evidenţiere matematică a unor erori sistematice la determinarea debitelor cu ajutorul moriştilor hidrometrice.

D. 3. Ionescu-Siseşti, D., Wissner, P. şi Cosma, Gh.: Privire de perspectivă asupra cercetărilor în domeniul construcţiilor şi echipamentelor hidrotehnice şi hidromecanice din centralele electrice în R. S. România.

D. 4. Bihoiu, Gh. şi Pop, Tr.: Măsurători pentru determinarea curbei reale de debit a aducţiunii Ţopologul.

D. 5. Cosma, Gh., Costan, D., Bihoiu, Gh. şi Pop, Tr.: Contribuţie la studiul constanţei coeficientului K al relaţiei hidrometrice Winter-Kennedy.

D. 6. Cosma, Gh., Bihoiu, Gh. şi Pop, Tr.: Contribuţie la determinarea coeficientului de influenţă a îngustării secţiunii de măsură datorită crucii-suport a moriştilor hidrometrice asupra debitului măsurat.

D. 7. Fuma, St., Bihoiu, Gh., Ghibu, M. şi Dondoe, St.: Măsurători pentru evidenţierea cavitaţiei la turbinele CHE Roznov I.

D. 8. Fuma, St.: Contribuţii experimentale de laborator asupra metodei ALLEN pentru măsurarea debitelor.

D. 9. Cosma, Gh. şi Voicu, Gh.: Indicator de circulaţie tip IRME.

D.10. Cosma, Gh. şi Voicu, Gh.: Linii directoare pentru organizarea hidrometriei de exploatare în bazinele cu amenajări hidroenergetice integrale.

D.11. Goldstein, M.: Erori de măsurători cu morişti hidrometrice şi înregistrarea prin contor a impulsurilor.

D.12. Radu, M.: Unele observaţii privind exploatarea construcţiilor hidrotehnice la hidro şi termocentrale.

D.13. Radu, M., Marinescu, G. şi Nitric, A.: Rezultatele unor studii efectuate în cadrul ISPH în vederea determinării capacităţii de transport a unor canale din sistemul Bistriţa-aval.

D.14. Cosma, Gh.: Metoda măsurătorilor relative aplicată la măsurători pentru turbinele hidraulice din centrale hidroelectrice pe firul apei.

D.15 Cosma, Gh., Cosma, O. şi Cosma, M.: Criterii cantitative pentru erorile de interpolare.

D.16. Cosma, Gh.: Metodă şi dispozitiv pentru mărirea preciziei de calcul a debitului, determinat prin măsurători punctuale în conducte circulare.

D.17. Cîrsteanu, Tr. şi Cosma, Gh.: Manometru portabil cu piston şi cilindru rotativ.

D.18. Cosma, Gh.: Analiza comparativă a dispersiei coeficientului K al formulei debitmetrice $Q = K \sqrt{\Delta h}$, la o serie de turbine Francis şi Kaplan.

D.19. Fusescu, I.: Variante de exploatare a Lacului Vidraru – CHE Lenin.

D.20. Djonin, Krsmanovic Lj.: U Primeni metode Winter-Kennedy za merenje protoka krez turbine.

D.21. Zarea, St.: Studiul comportării la eroziuni cavitaţionale a unor oţeluri utilizate la CHE Porţile de Fier.

Informaţii tehnice

În Franţa s-a construit cel mai mare rezervor pentru produse petroliere la rafinăria Shell din Petit-Couronne de 105 000 m³.

(Revue générale de thermique nr. 77, 1968, p. 569–573)

Firma Stein şi *Roubaix*, din Franţa, termină construcţia cazanului de 600 MW pentru centrala EdF din Havre. Greutatea totală a cazanului este de 11 600 t, are 76 m înălţime, 135 m lungime şi 62 m lăţime. Proiectul actual prevede instalarea succesivă a cinci grupuri de asemenea cazane. Puterea nou instalată va reprezenta puterea totală a EdF din 1965.

(Revue générale de thermique nr. 77, 1968, p. 569–573)

Centrale de acumulare cu pompare în S.U.A. şi Scoţia. În munţii Racoon, la vest de Chattanoga, se proiectează o centrală de acumulare cu pompare cu o putere de circa 1350 MW, care va cuprinde trei turbine de pompare. Centrala este prioectată într-o cavernă lingă lacul Nickajack, iar lacul artificial este amplasat cu 310 m mai sus. Costrucţia va costa circa 125 milioane de dolari, ceea ce va reveni la 92 $/kW instalat. Centrala va intra în serviciu în 1970. În Scoţia se va construi, la Foyers, o centrală de acumulare cu pompare de 300 MW, care va intra în funcţiune în 1974. Se vor instala două turbine de pompare într-o cavernă care se află cu 40 m mai jos de Loch Ness. Ca bazin superior va servi Loch Mor, situat cu 180 m mai sus. Se vor produce anual 110 GWh. Construcţia va costa 102 $/kW instalat.

(Elektrizitätswirtschaft nr. 12, 1968, p. 323)

Inaugurarea centralei Bürglen (Elveţia). La 30 mai 1968 s-a inaugurat oficial centrala Bürglen, care foloseşte căderea de apă de la Unterschächen, avînd următoarele date tehnice:

Suprafaţa bazinului 104 km².

— Etajul Unterschächen-Bürglen: căderea brută — 447 m; debitul nominal — 5,75 m³/s; puterea instalată — — 20 MW.

— Etajul Loreto — Bürglen; căderea brută — 89 m; debitul nominal — — 2,4 m³/s; puterea instalată — 1,4 MW.

În primul etaj sînt instalate două turbine Pelton cu ax orizontal, fiecare de 14 000 CP, 600 rot/min, 2,75 m³/s, şi două alternatoare trifazate, fiecare de 14,5 MVA cos $\varphi = 0{,}7$, 5,5 kV. În al doilea etaj este instalată o turbină Francis cu ax orizontal, de 2000 CP, 750 rot/min, 2,4 m³/s, şi un aleternator trifazat de 2 MVA, cos $\varphi = 0{,}7$, 4,3 kV. Producţia anuală medie este de 103,5 GWh, din care 74% în semestrul de vară şi 26% în cel de iarnă.

(Bulletin ASE (Elveţia) nr. 13, 1968, p. 617–618)

Centrala nucleară Gundremmingen din nou în plină sarcină. Avariile produse la 11 ianuarie 1968 la turbinele centralei Gundremmingen au fost remediate la 13 februarie 1968, de cînd centrala a fost repusă în serviciu în plină sarcină. Pînă la finele lunii martie a produs 1467 GWh.

(Brennstoff-Wärme-Kraft nr 6, 1968, p. 293–296)

Prima producţie de energie electrică a centralei Lucens (Elveţia). La 29 ianuarie 1968 a început să furnizeze energie electrică la reţea centrala nucleară de încercare Lucens, care are un reactor moderat cu apă grea şi răcit cu bioxid de carbon de 8 MWe.

(Brennstoff-Wärme-Kraft nr. 6, 1968, p. 293–296)

Westinghouse construieşte unităţi de 1175 MWe. Tennesee Valley Authority a comandat firmei Westinghouse două unităţi, fiecare de 1 175 MW_e, care vor intra în serviciu în 1973 şi 1974. Acestea sînt unităţile cele mai mari comandate pînă în prezent. Reactoarele sînt echipate cu noul condensator „Containment system".

(Brennstoff-Wärme-Kraft nr. 6, 1968, p. 293–296)

Centralele nucleare engleze au produs 50 TWh. Energia electrică de 50 TWh produsă de cele șase centrale nucleare engleze cuprinde 40% energie produsă de cele două centrale Berkeley și Bradwell, intrate în funcțiune în 1962. Împreună cu Hinkley Point A, Trawsfynydd, Dungeness A și Sizewell, puterea totală instalată este de 2 700 MW. Toate cele șase centrale nucleare au fost în funcțiune continuu din noiembrie 1967 pînă în martie 1968. Puterea instalată nucleară se va mări cu încă 4 300 MW prin punerea în curînd în funcțiune a centralei Oldbury-on-Severn și prin cele în curs de construcție : Wylfa, Dungeness B și Hinkley Point B.

Sînt în curs formele de aprobare pentru construcția unei noi centrale, Sizewell B, de 2 500 MW, care va avea patru reactoare AGR.

(Brennstoff-Wärme-Kraft nr. 6, 1968, p. 293–296)

Utilizarea căldurii eliminate de centralele nucleare. La o conferință a asociației „Canadian Nuclear", ținută în iunie 1968 la Toronto, s-a propus utilizarea căldurii apei de răcire a centralelor nucleare pentru încălzirea căii de navigație St. Lorenz-See. În acest mod se va asigura navigația și în timpul iernii.

(Brennstoff-Wärme-Kraft nr. 6, 1968, p. 293–296)

Instruirea operatorilor de reactoare în S.U.A. „Babcock & Wilcox" va înființa la Lynchburg o școală unde se vor instrui anual 192 operatori de reactoare. Această școală va fi înzestrată, printre altele, cu un simulator care va costa $2.10^{6}\,\$$. Și „Combustion Engineering" construiește o școală în același scop, la Windsor, înzestrată cu un simulator. „General Electric" deschide institutul pentru operatori de reactoare la Morris în luna iunie. Costul pentru instruirea unui operator în 12 săptămîni se ridică la 18 000 \$.

(Brennstoff-Wärme-Kraft nr. 6, 1968, p. 293–296)

Anglia livrează plutoniu. La 3 mai s-a încheiat un contract la Bruxelles prin care autoritățile de energie atomică din Anglia (UKAEA) livrează 180 kg plutoniu unui consorțiu din R.F. a Germaniei, Olanda și Belgia, care construiesc în comun un reactor prototip.

(Brennstoff-Wärme-Kraft nr. 6, 1968, p. 293–296)

În Anglia se prelucrează elemente combustibile. Centralele elvețiene de nord-est (Nok) au încheiat un contract cu autoritățile atomice engleze (UKAEA) pentru prelucrarea elementelor combustibile consumate de cele două reactoare cu apă sub presiune de 350 MW_e de la Beznan. Această prelucrare se va face la Windscale, în Anglia, care are o capacitate de prelucrare de 2500 t pe an. Un contract similar s-a încheiat și cu Japonia pentru centrala nucleară Tokai Mura, care are un reactor Magnox de 160 MW_e și care va trimite 160 t elemente combustibile consumate spre prelucrare în Anglia, la Windscale.

(Brennstoff-Wärme-Kraft nr. 6, 1968, p. 293–296)

Construcția unei fabrici de elemente combustibile în Japonia. „Mitsubishi Atomic Power" va construi o fabrică de elemente combustibile în Japonia după licența lui Westinghouse, care va costa $4{,}2 \cdot 10^{6}\,\$$ și va intra în funcțiune în 1970. Această fabrică va produce anual 200 t elemente combustibile cu UO_2 pentru reactoare cu apă sub presiune și 200 t elemente combustibile pentru reactoare de cercetare.

(Brennstoff-Wärme-Kraft nr. 6, 1968, g. 293–296)

Cazan cu ardere de cărbuni de 1000 t/h debit de abur. Pentru centrala termică Staudinger în R.F. a Germaniei, pentru un bloc de 320 MW, „Babcock & Wilcox" din Oberhausen (R.F. a Germaniei) va construi un cazan cu debitul de 1000 t/h, 210 ats, 525°C. Acest cazan va putea arde și combustibil lichid sau un amestec de cărbuni și combustibil lichid. Cazanul este de tip Benson.

(Brennstoff-Wärme-Kraft nr. 6, 1968, p. 293–296)

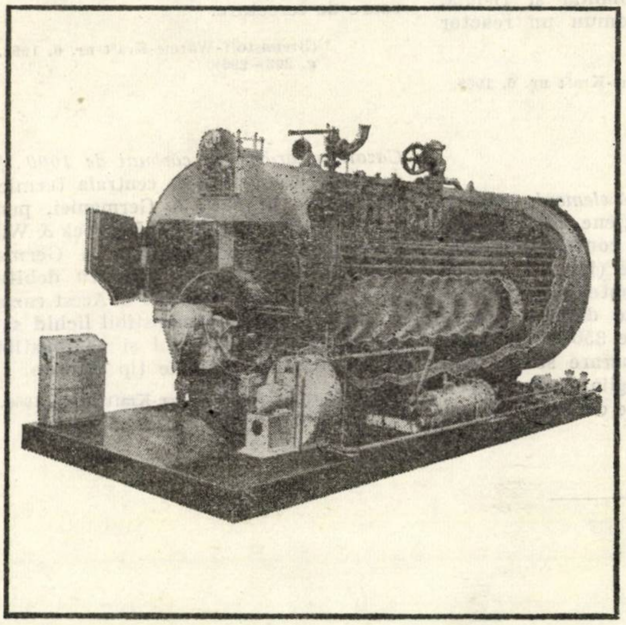
Revista „ENERGETICA", organ al Ministerului Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R. S. România (CNIT). Redacția: București, Splaiul Independenței nr. 49, Sectorul VI, Tel. 136683; 130053. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament: nr. 058001 B.N.R.S.R.— Sectorul VI. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri lei 30 anual. Prețul unui exemplar lei 5. — Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „Informația", București — c. 5635

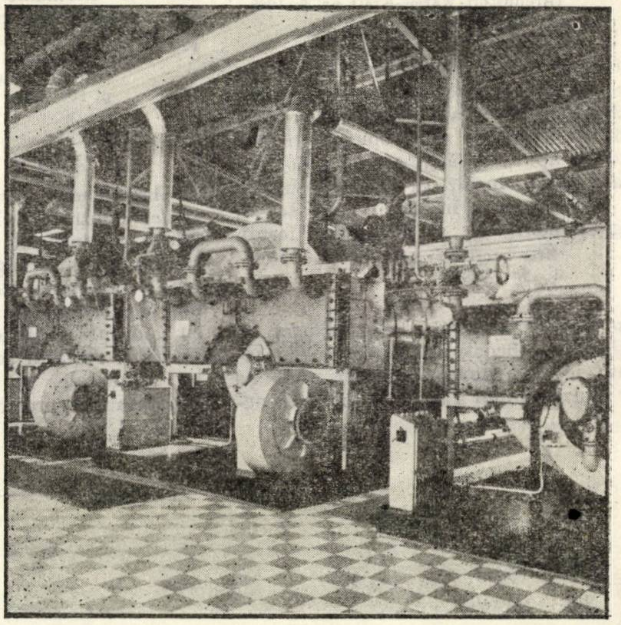
Taxele poștale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.T. nr. 10/1095, 1967

41 401

Cazane de constructie compactă

STANDARD-CONDOR-KESSEL





Cazan cu trei drumuri de gaze, combinat cu tub de flacără şi ţevi de fum, echipat cu o cameră de întoarcere a gazelor de ardere, răcită cu apă, fără zidărie, montat pe un cadru. Pregătit pentru intrarea în funcţiune, cu toate instalaţiile necesare unei funcţionări complet automate. Instalaţia de ardere este construită pentru arderea păcurii, gazelor sau arderea combinată a păcurii şi a gazelor. Reglajul arderii se face în trepte sau continuu, cu adaptare exactă la debitul momentan al cazanului. Funcţionarea cazanului este asigurată printr-un sistem electronic împotriva oricăror deranjamente posibile. Printr-o funcţionare de probă făcută în fabrică, cazanul este reglat pentru debitul efectiv. Cazanul se montează fără fundaţie. După ce s-au racordat conductele de combustibil, de apă, de abur şi instalaţia electrică, cazanul este în stare de funcţionare.

STANDARD-CONDORKESSEL (cazanele Condor-standard) s-au verificat în toate domeniile termoenergeticii şi electroenergeticii. Ele se utilizează la presiuni înalte pentru producerea de abur saturat şi supraîncălzit, la joasă presiune şi pentru apă supraîncălzită. Există peste 30 de mărimi de cazane cu debite de abur de la 160 kg/h la 20 t/h. Presiunea atinge 25 kgf/cm², în funcţie de mărimea cazanului. Pentru valori mai mari. producem STANDARD-PORTAKESSEL (cazane Porta-standard), cazane acvatubulare de construcţie compactă.

STANDARDKESSEL DUISBURG

R. F. a Germaniei

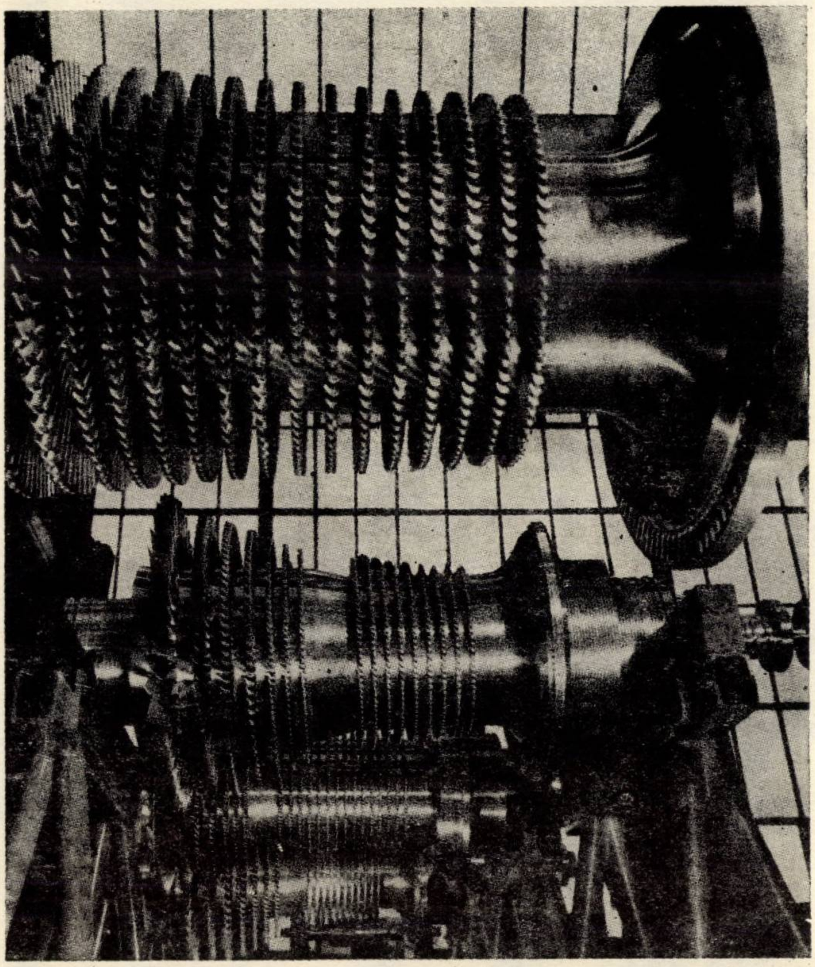
SKG
STANDARD

41 Duisburg
Wilhelmshöhe
☎ 02131 / 3 43 41
0855 650

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT
1968

intreprinderea

ENERGOMONTAJ



execută lucrări de montaj

- Cazane de abur cu parametri ridicați:
  - — 500 t abur/h 215 at, 514°C
  - — 640 t abur/h, 140 at, 570°C
- Turbine cu abur de la 6 MW la 315 MW
- Turbine cu gaze
- Turbine hidraulice de la 5,5 MW la 170 MW
- Compensatoare sincrone
- Instalații termomecanice auxiliare ale centralelor termoelectrice și echipament hidromecanic
- Instalații electrice de joasă, înaltă și foarte înaltă tensiune
- Instalații de măsură, control și automatizare

INTREPRINDEREA DE CONSTRUCTII HIDROENERGETICE

I.C.H. — BUCUREŞTI, STR. DIMITRIE ONCIU Nr. 23—25
TELEFON 35.54.70 TELEX INCOHIDROEN BUC. 244

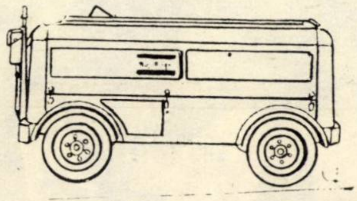
ICH

Barajul Negovanu

EXECUTĂ LUCRĂRI DE:

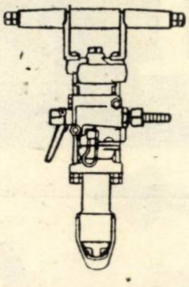
- BARAJE DE TOATE GENURILE
- CENTRALE HIDROELECTRICE SUBTERANE ŞI DE SUPRAFAŢĂ
- TUNELURI ŞI GALERII HIDROTEHNICE
- CANALE ŞI DIGURI
- AMENAJĂRI PENTRU ALIMENTĂRI CU APĂ A MARILOR INDUSTRII

Utilaj pneumatic pentru şantierele şi industriile cu construcţii de clădiri — Atlas Copco are tot ce vă este necesar

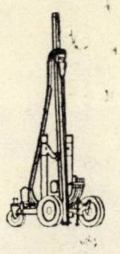


1. Compresoare mobile cu piston, avînd capacitatea maximă faţă de greutatea proprie; debit de aer 0,9 — 34 m^3/min.

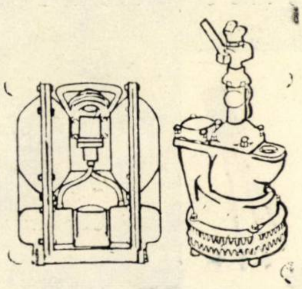
2. Ciocane pneumatice în 4 dimensiuni: TEX 10, 20, 30 şi 40, capacitate mare, recul mic.



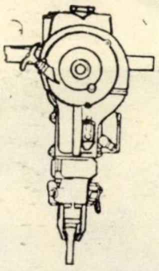
3. Burghie Atlas Copco pentru piatră — de la modele uşoare de mînă pînă la cele de tip greu, montate pe maşină.



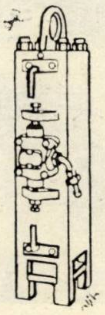
4. Vagonete pentru foraj: modele uşor de mînuit, cu roţi de cauciuc, pentru foraje pînă la adîncimi de 85 m.



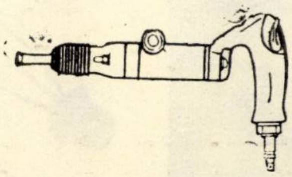
5. Pompe submersibile compacte; tip centrifugal sau cu diafragmă; capacităţi 400 — 900 l/min.



6. Burghiul şi ciocanul Cobra pentru perforat şi sfărîmat piatră, uşor de mînuit, funcţionînd cu benzină; cîntăreşte numai 25 kg. Echipat cu diferite accesorii, poate îndeplini o mare varietate de funcţiuni.



7. Sonete şi berbece pentru palplanşe în patru mărimi: de la 75 kg cu 1050 bătăi pe minut la 1700 kg cu 240 bătăi pe minut.



8. Ciocane-daltă, eficiente în execuţia şi prepararea găurilor pentru prize şi altele, în zidărie şi beton.

Fiţi bine venit la

EXPOZIŢIA INDUSTRIALĂ SUEDEZĂ

din Bucureşti, 8-16 octombrie a.c., sectorul în aer liber.

Pentru alte informţii folosiţi cuponul pentru a cere prospecte gratuite.

Atlas Copco

Către Atlas Copco AB, 105 23 Stockholm 1, Suedia

Vă rugăm a ne trimite informaţii în ☐ **Engleză** despre poziţiile însemnate mai jos
☐ **Germană**
☐ **Franceză**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Numele

Titlul

Compania

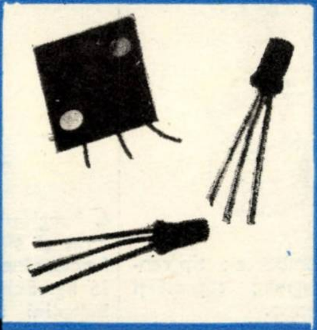
Adresa

02/68

I.P.R.S. BĂNEASA

PIESE DE RADIO

- Rezistențe fixe cu peliculă de carbon

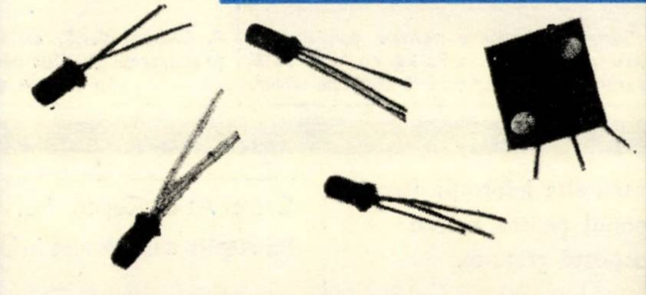


DISPOZITIVE SEMICONDUCTOARE

- Condensatoare styroflex
- Condensatoare electrolitice normale
- Condensatoare electrolitice miniatură
- Condensatoare ceramice

- Tranzistoare cu germaniu de joasă frecvență
  - de mică putere
  - de medie putere
  - de putere

- Condensatoare cu hirtie
- Termistoare
- Cablaje imprimate



- Tranzistoare cu germaniu de înaltă frecvență
  - de mică putere
  - drift de mică putere
- Diode cu germaniu cu contact punctiform

- Redresoare cu germaniu de medie putere
- Fotodiode cu germaniu
- Diode cu siliciu
  - de mică putere
  - de puter
- Diode Zenner de mică putere

Pentru informații suplimentare consultați catalogul I.P.R.S.-Băneasa

Întreprinderea de piese radio și dispozitive semiconductoare BĂNEASA

București, sectorul 2
strada Erou Iancu Nicolae nr. 32

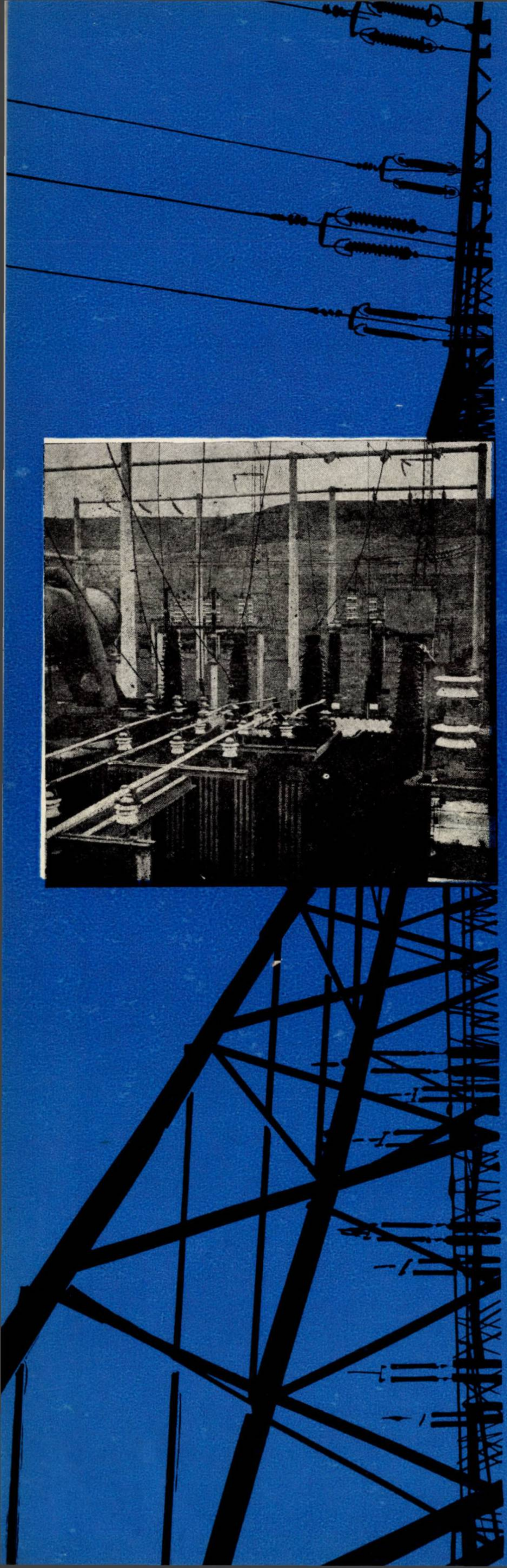
Telefon 33.38.30

iec

BORZEȘTI

- produce și furnizează sistemului energetic național energie electrică

- asigură cu energie electrică și căldură consumatorii din orașul Gheorghe Gheorghiu-Dej și consumatorii industriali de pe Valea Trotușului



IRE

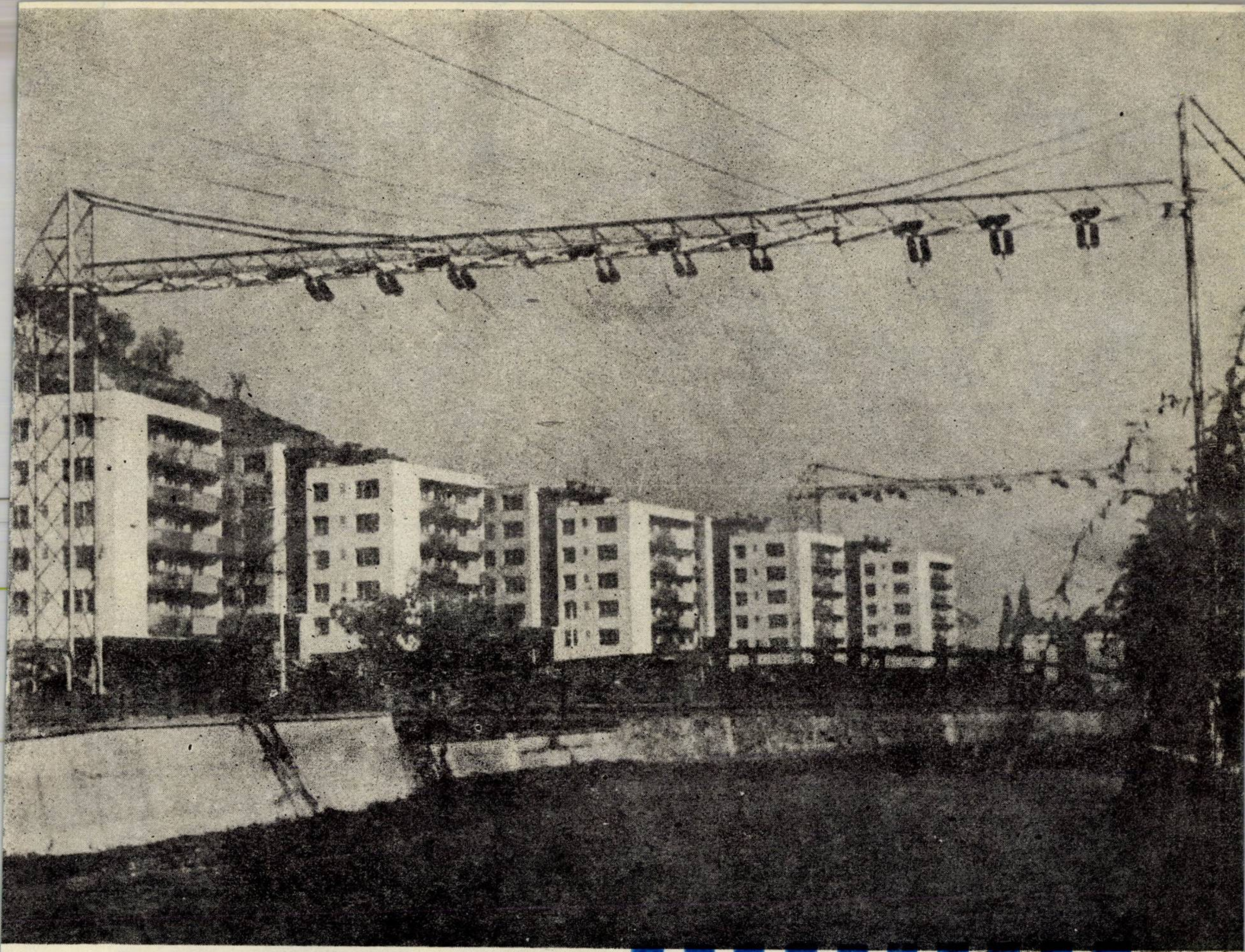
— *Produce, transportă și distribuie* energie electrică în rețele electrice de înaltă, medie și joasă tensiune

— *Execută:*

- verificări de aparate electrice de măsură și control în laboratorul PRAM—IREM
- lucrări de construcții — montaj la electrificări rurale și industriale și instalații interioare
- lucrări de întreținere la iluminatul public
- proiecte de instalații energetice

MUREȘ

str. Elba nr. 3 tel. 5210



I·R·E CLUJ

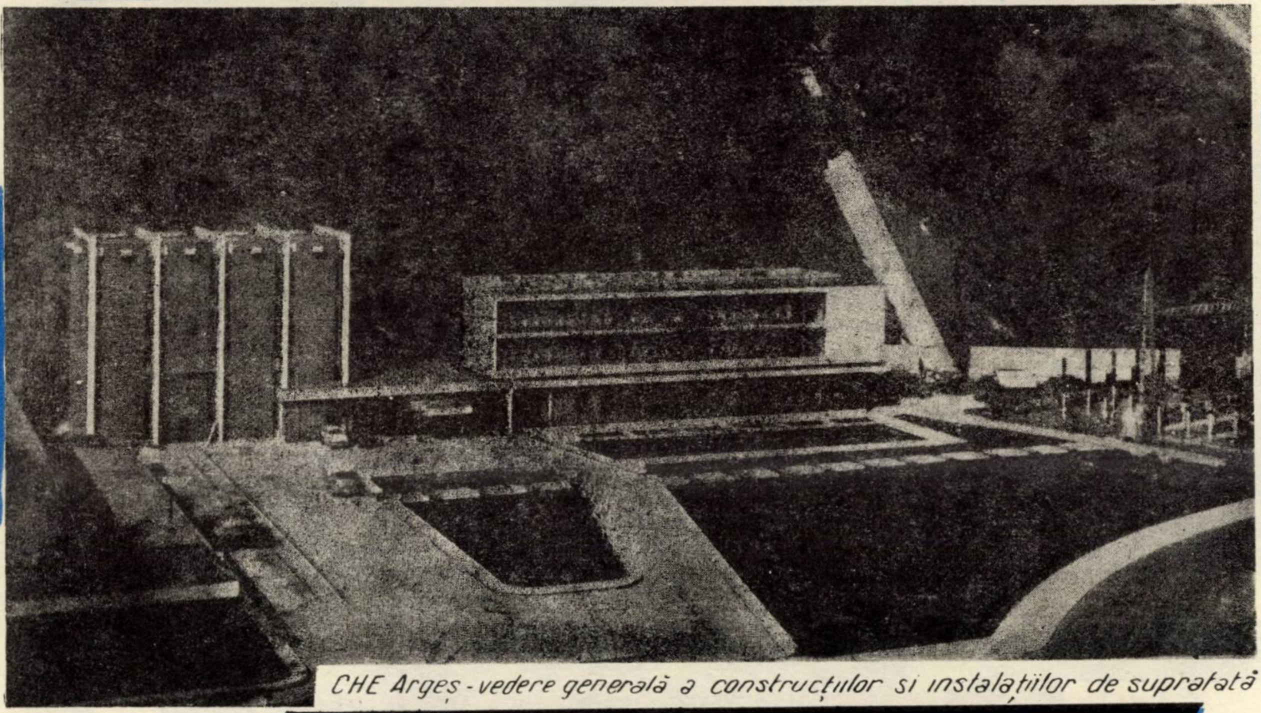
- Produce, transportă şi distribuie energie electrică în rețelele de foarte înaltă, medie şi joasă tensiune.
- Execută rețele electrice de medie şi joasă tensiune pentru electrificări rurale, extinderi de retele, instalatii interioare în mediu urban şi rural şi posturi de transformare.
- Proiectează retele, posturi şi statii de transformare, electrificări rurale, automatizări şi modernizări în stații

IRE MARAMUREȘ

IREM

BAIA MARE STR. VICTORIEI Nr. 64

- produce, transportă și distribuie energie electrică în rețele de inaltă, medie și joasă tensiune.
- proiectează, execută și exploatează:
  - instalații de producere, transport și distribuție a energiei electrice.



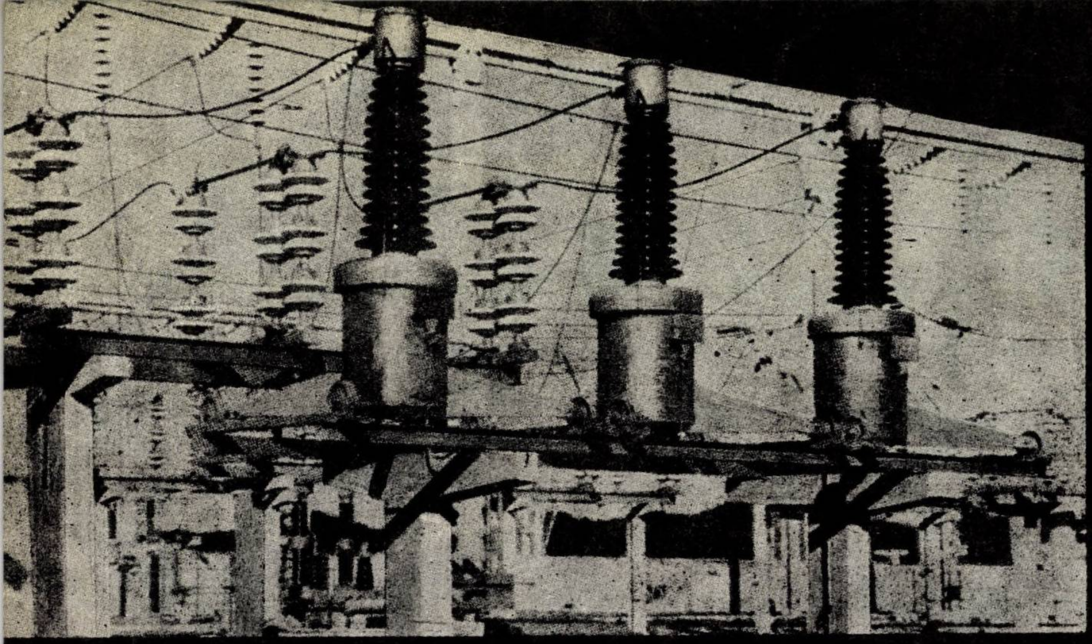
CHE Argeş - vedere generală a construcţiilor si instalaţiilor de suprafaţă

Întreprinderea Centrala hidroelectrică Argeş, cu sediul în comuna Corbeni, judeţul Argeş, furnizează energie electrică sistemului energetic naţional prin centralele sale:

- — CHE Argeş, de 220 MW;
- — CHE Oeşti, de 15 MW;
- — CHE Albeşti, de 15 MW.

Prin exploatarea raţională a lacului de acumulare, creat prin barajul Vidraru, se furnizează anual o cantitate de circa 450 mil. kWh energie electrică.
Energia electrică furnizată, injectată la tensiunea de 400 kV, alimentează consumatorii industriali din zonă, printre care Combinatul de aluminiu Slatina.

I·C·H ARGEŞ



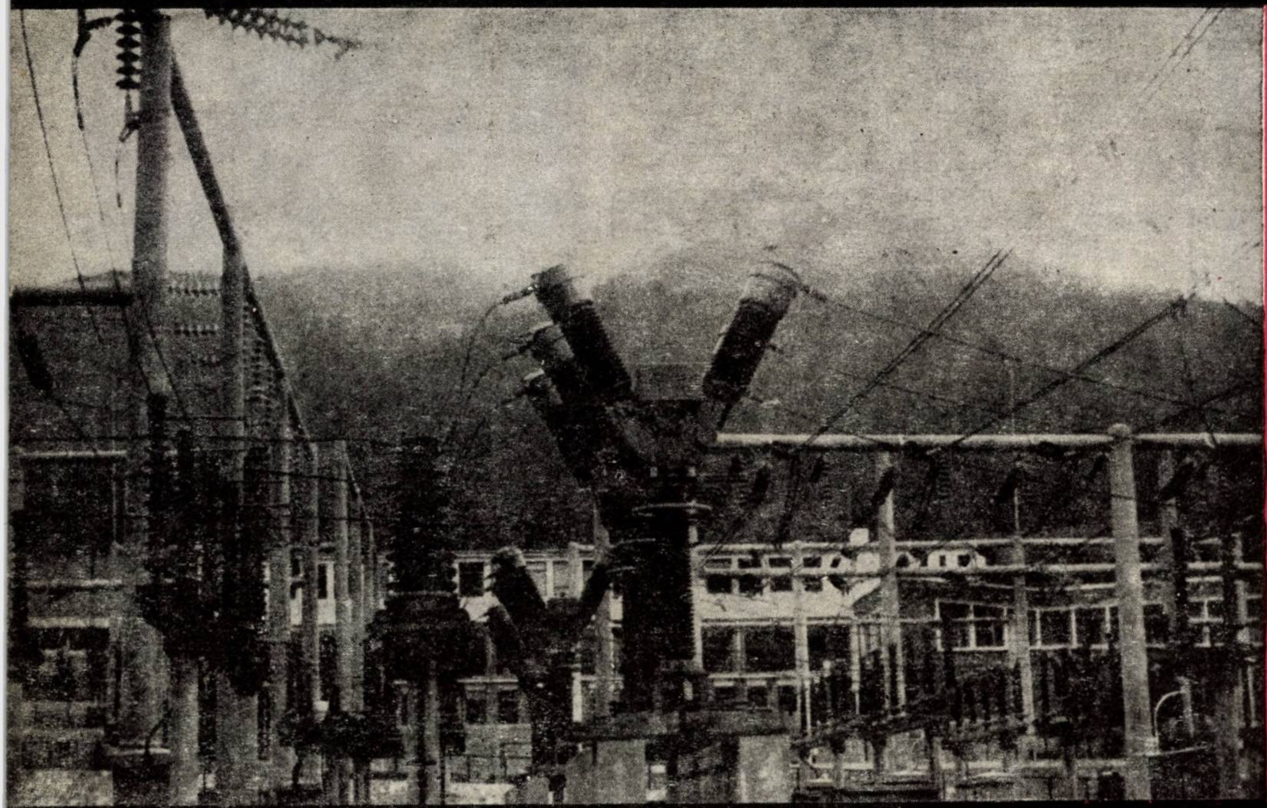
IRE BANAT

- proiectează, execută şi exploatează instalaţii energetice
- pregăteşte cadre pentru sectorul energetic
- asigură, prin corpul de dispeceri, distribuirea continuă a energiei electrice
- execută verificări profilactice ale aparatajului electric şi verificări de protecţii prin relee cu unităţi proprii
- execută lucrări de instalaţii electrice interioare pentru populaţie şi pentru unităţi socialiste, în mediu urban şi rural
- execută lucrări de întreţinere şi reparaţii la instalaţii de automatizări termice şi electrice

C.E.T. ORADEA

- *ÎNTREPRINDERE PRODUCĂTOARE DE ENERGIE ELECTRICĂ ȘI TERMICĂ ÎNZESTRATĂ CU ECHIPAMENTE ȘI INSTALAȚII MODERNE:*
  - — grupuri cu o putere totală de 105 MW, cu condensatie și prize de termoficare
  - — cazane de abur cu un debit total de 680 t/h, functionînd cu cărbune sau păcură la 140 ata și 570°C
  - — răcirea apei se face în circuit mixt cu turnuri cu tiraj forțat
  - — automatizarea electronică a procesului tehnologic.
- *PRIN PROCESUL DE PRODUCȚIE ÎNTREPRINDEREA ASIGURĂ*
  - — alimentarea cu energie electrică și termică zona industrială a orașului Oradea și împrejurimi
  - — termoficarea orașului Oradea
- *C.E.T ORADEA ESTE INTERCONECTATĂ LA SISTEMUL ENERGETIC NAȚIONAL.*

INTREPRINDEREA ELECTROMONTAJ CÎMPINA



ÎNTREPRINDEREA ELECTROMONTAJ CÎMPINA

Execută :

- **linii electrice de înaltă tensiune pînă la 400 kV ;**
- **rețele electrice în cablu subteran pînă la tensiunea de 35 kV ;**
- **stații electrice de transformare de 35 – 220 kV ;**
- **substații de tracțiune pentru electrificarea CFR, tronsonul Brașov – Ploiești și posturi de secționare și legare în paralel a firelor de cale pentru electrificarea CFR la tensiunea de 27,5 kV ;**
- **posturi de transformare pentru alimentarea centralizării electro-dinamice a stațiilor CFR pe ruta Brașov-Ploiești ;**
- **posturi de transformare aeriene, la sol și subterane, rețele de joasă tensiune și iluminat public.**

ORSZÁGOS SZÉCHÉNYI KÖNYVTÁR

INTREPRINDEREA

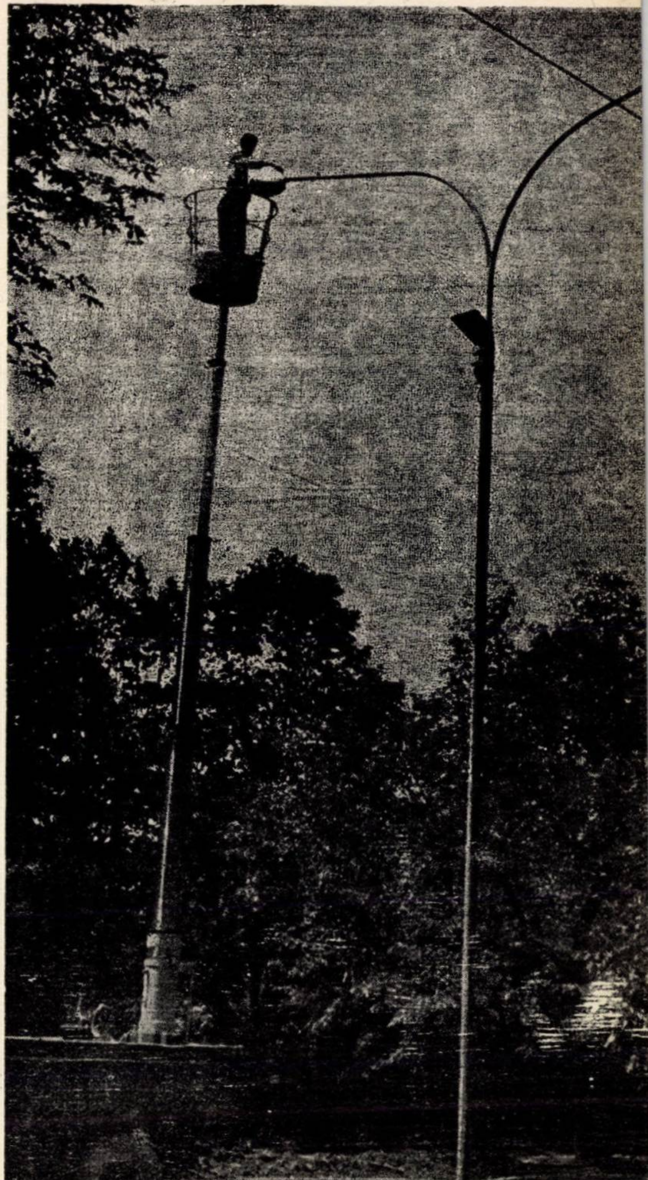
ELECTROMONTAJ
BUCUREȘTI

EM

EXECUTĂ:

- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuție
- Rețele electrice in cablu subteran pînă la 110 kV
- Stații de distribuție și posturi de transformare
- Stații de transformare de 35-400 kV
- Rețele de iluminat public
- Electrificări rurale

București, Str. Candiano Popescu Nr. 1 — tel. 23.88.30



I.E.C. —

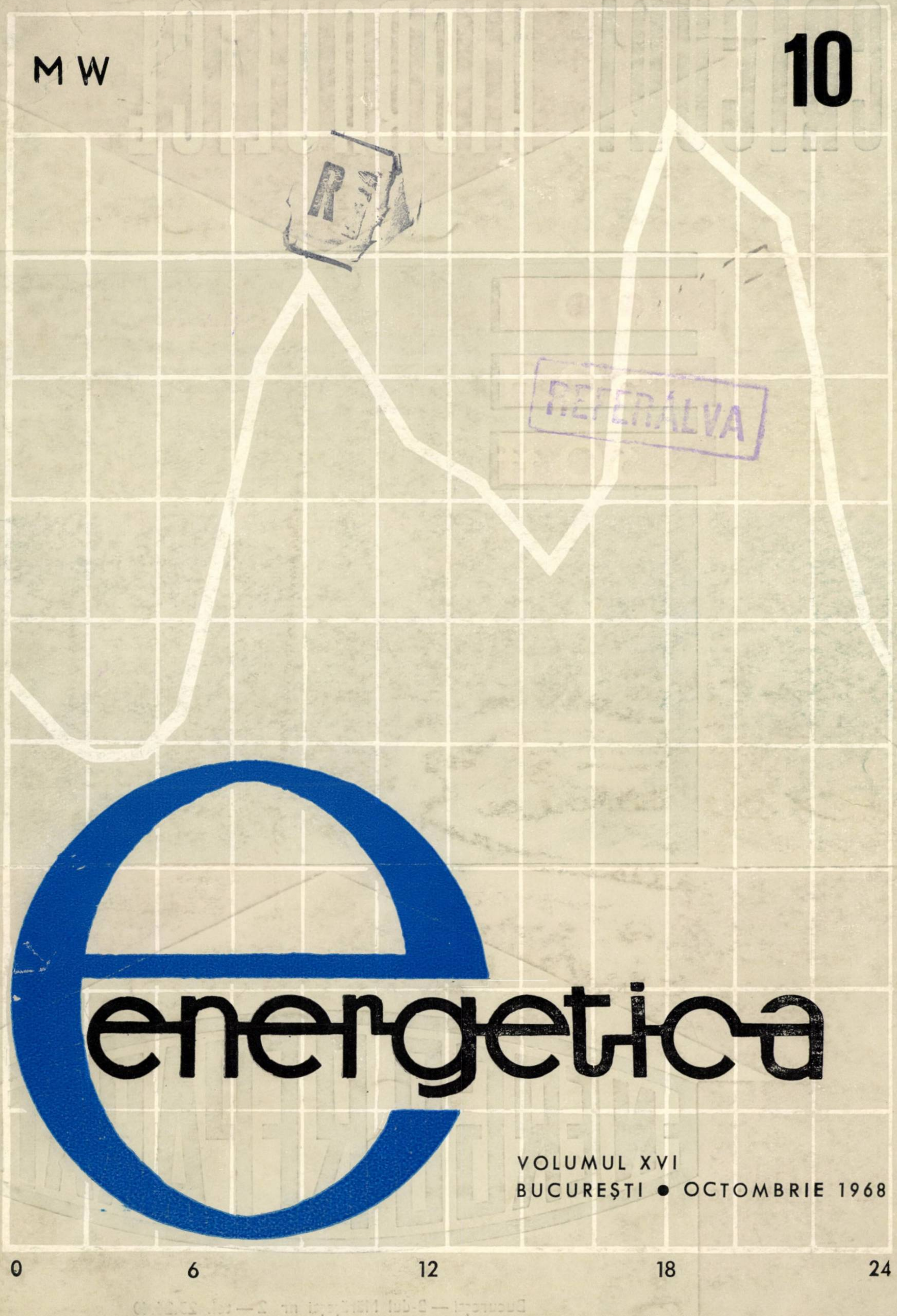
DOICEȘTI

19[illegible] MAR 27

- Puterea instalată a tuturor centralelor electrice ale I.E.C. Doicești depășește 150 MW și asigură cu energie electrică zonele industriale Ploiești și Tîrgoviște.
- I.E.C. Doicești este interconectată la sistemul energetic național, livrînd energie la 110, 35 și 6 kV.
- I.E.C. Doicești contribuie la înfăptuirea programului de electrificare a țării.

2039

10



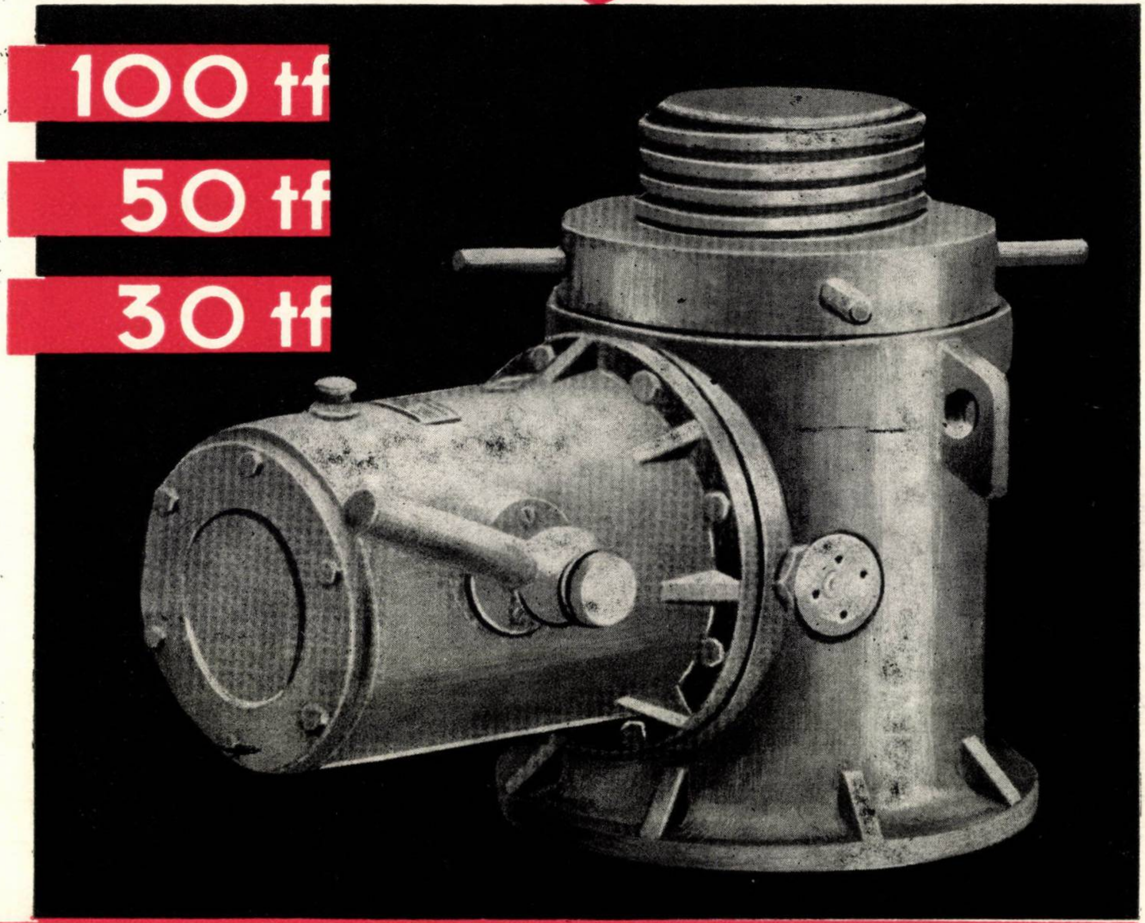
R

REFERÁLVA

energetica

VOLUMUL XVI
BUCUREŞTI • OCTOMBRIE 1968

CRICURI HIDRAULICE


100 tf
50 tf
30 tf

ENERGO REPARAȚII

București — B-dul Mărășești nr 2 — tel. 23.26.40

E2039

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT
1883

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 16 Nr. 10 OCTOMBRIE

Cuprinsul

Pag.
Stăncescu, I.D. — **Simpozionul privind problemele legate de alimentarea cu căldură şi energie electrică a marilor ansambluri industriale. Concluzii generale** 429–431
Badea, I.A. — **Nivelul de automatizare în centralele termoelectrice din ţară** 432–438
Dimo, P. şi *Cristea, H.* — **Utilizarea conceptelor figurative în analiza automată a comportării sistemelor electroenergetice** 438–443
Ionescu, Al,. Popa, B., Bensimon, A., Bratu, A., Goldenberg, R. şi *Cristovici, A.* — **Unele rezultate ale cercetărilor privind nivelul supratensiunilor de comutaţie în reţelele de înaltă tensiune din R.S. România** 444–452
Iacobescu, Gh. şi *Iordănescu, I.* — **Supratensiuni produse la deconectarea în gol a transformatoarelor** 452–460
Wlezek, C. — **Analiza cu calculatorul electronic a economiei de combustibil realizabilă prin termoficare** 461–467

DIN EXPLOATARE

Otobâcu, V. — **Noi aspecte în măsurarea vibraţiilor la paletele turbinelor cu abur** 467–470
Voinea, Gh. — **Refacerea cordoanelor de sudură fisurate la rotoarele tip tambur ale turbinelor cu abur** 470–473

ORGANIZAREA ŞTIINŢIFICĂ A PRODUCŢIEI ÎN SECTORUL ENERGETIC

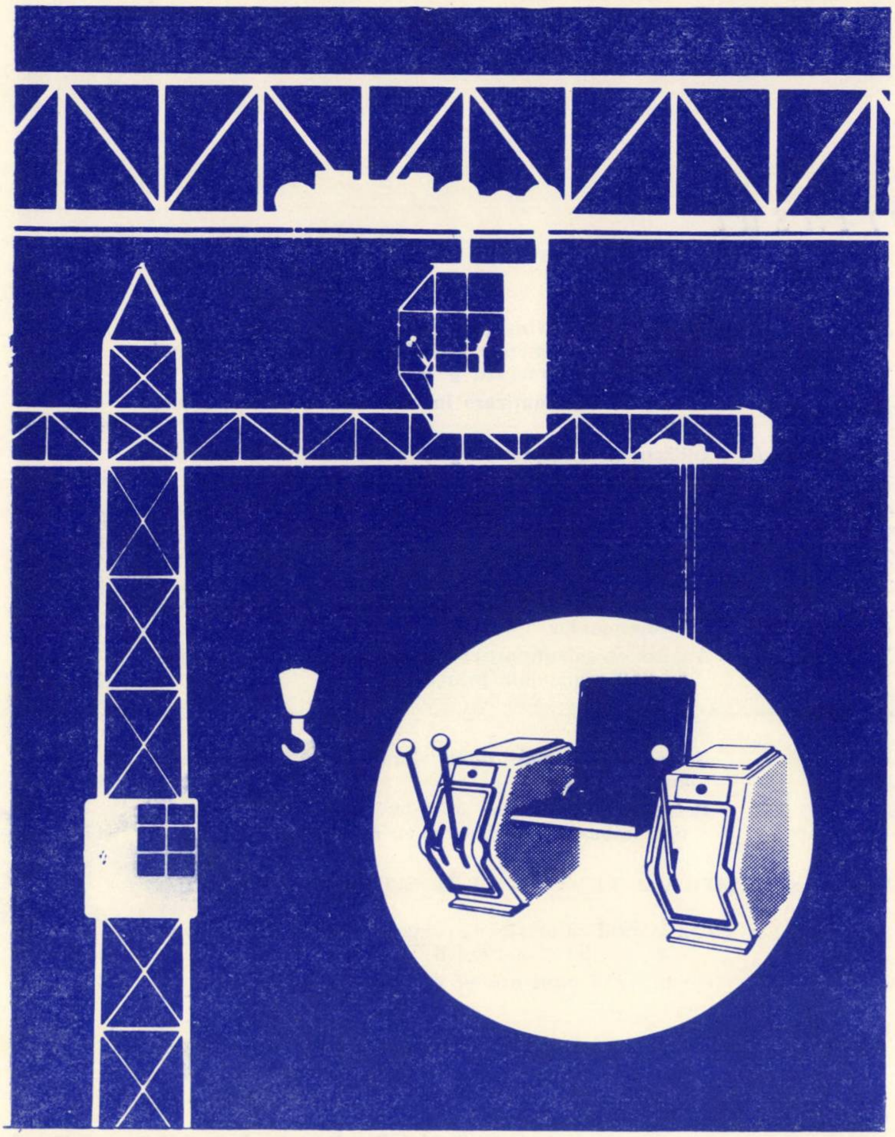
Luca, L. — **Consideraţii cu privire la compartimentul de organizare a producţiei şi a muncii** 473–478
Măcriş, A. — **Organizarea unui atelier de reparat transformatoare** 478–48

INFORMAŢII TEHNICE

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. ing. I. D. STANCESCU, redactor responsabil, ing. G. IORGULESCU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, ing. ST. BERENGHI, conf. ing. A. COGALNICEANU, conf. ing. E. CONSTANTINESCU, ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, laureat al Premiului de Stat, ing. H. FURTUNESCU, ing. L. LUCA, ing. B. MARCU, ing. A. MACRIŞ, conf. ing. C. MIHAILEANU, conf. ing. V. NITU, ing. A. SPINU.

OFICIUL DE DOCUMENTARE ŞI PUBLICAŢII TEHNICE
AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE



K S T S

ÎNSEAMNĂ: PUTERE,
SIGURANȚĂ,
DESERVIRE CONFORTABILĂ

Instalațiile de transport sînt deservite astăzi de puțini muncitori — de cele mai multe ori de unul singur; acesta comandă producția cu fermitate și cu ajutorul organelor moderne de comutare.

Asemenea organe moderne de comutare sînt dispozivele de comandă ale macaralelor, dispozitive care se disting prin putere, siguranță și deservire confortabilă.

Noi fabricăm dispozitivele de comandă a macaralelor, tipurile KSTS 3 pînă la KSTS 2/2, corespunzătoare pentru max. 4 sau 6 acționatoare.

Pentru informații detaliate vă stăm cu plăcere la dispoziție.

Exportator:

Exportkontor Elektroapparate prin întreprinderea Deutscher Innen- und Aussenhandel

Elektrotechnik

DDR 104 BERLIN
CHAUSSEESTRASSE 111/112
REPUBLICA DEMOCRATĂ GERMANĂ

Pe cei interesați îi rugăm să se adreseze la:

Biroul tehnico-comercial al Ambasadei R.D.Germane în R.S.R., Secția Comercială, Calea Dorobanți nr. 14, București, R.S. România

EAW

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYV... DOKUMENTÁCIÓS

СОДЕРЖАНИЕ

Стэнческу, И. Д. : **Симпозиум по вопросам снабжения теплом и электроэнергией крупных промышденных комплексов. Технические и экономические заключения**

Energetica 16 (1968), №. 10, стр. 429–431

Бадя, И. А.: **Уровень автоматизации на теплоэлектростанциях страны**

Синтез статьи, представляющей уровень автоматизации на теплоэлектростанциях, принятые решения и дальнейшие перспективы.

Energetica 16 (1968), №. 10, стр. 432–438

Димо, П. и *Кристя, Х.*: **Применение фигуральных конспектов в автоматическом анализе поведения электроэнергетических систем**

Приводятся новейшие методы исследования режимов работы электроэнергетических систем.

Energetica 16 (1968), №. 10, стр. 438–443

Ионеску, Ал., Попа, Б., Бенсимон Ана и др. : **Определение переключающих перенапряжений в сетях высокого напряжения**

В первой части приводятся полученные результаты испытаний в сетях 110—220 кв, с различными выдами включателей. Во второй части даются результаты произведенных исчислений на вычислительной машине ЭЛЛИОТТ по программе, разработанной Институтом Энергетических Исследований и проектирования, с целью определения перенапряжений в сетях 220 кв.

Energetica 16 (1968), №. 10, стр. 444–452

Якобеску, Г. и *Иордэнеску, И.*: **Перенапряжения при отключении на холостом ходу**

Вопросы в связи с перенапряжениями в сетях высокого напряжения в случае отключения на холостом ходу.

Energetica 16 (1968), №. 10, стр. 452–460

Влезек, К.; **Анализ осуществляемой экономии топлива посредством теплофикации, при помощи электронной вычислительной машины**

Определяется метод исчисления экономии топлива, на вычислительной машине, осуществляемой при помощи теплофикации, в зависимости от основных влияющих на неё факторов.

Energetica 16 (1968), № 10, стр. 461–467

Отобыку, В.: **Измерение вибраций лопаток паровых турбин**

Приводятся различного рода вибрации, а также способы исследования. Описываются методы исследования вибраций лопаток в эксплуатации (турбины под нагрузкой).

Energetica 16 (1968), №. 10, стр. 467–470

Бойня, Г.: **Восстановление сварочных швов представляющих трещины, на роторах барабанного типа паровых турбин**

Демонстрируется полезность ремонта роторов барабанного типа турбин и описываются технологические подготовительные и конструктивные работы посредством сварки междисковых швов.

Energetica 16 (1968), №. 10, стр. 470–473

НАУЧНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДРТВА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ

Лука, Л.: **Соображения относительно области организации труда и производства**

Цель материала заключается в определении обязанностей в новой области по организации министерств, промышленных электростанций и предприятий, для разработки, с научной точки зрения, вопросов по организации труда и производства.

Energetica 16 (1968), №. 10, стр. 473–478

INHALTSVERZEICHNIS

Stăncescu, I.D.: **Der Symposium über Fragen der Versorgung mit Wärme und elektrischer Energie grosser Industriekomplexe**

Energetica 16 (1968) H. 10, S. 429–431

Badea, I.A. : **Der Automatisierungsgrad inländischer Wärmekraft werke**

Es werden Automatisierungsgrad von Värmekraftwerken, angewendete Lösungen und diesbezügliche Zukunftsaussichten erörtert.

Energetica 16 (1968), H.10, S. 432–438

Dimo, P. und *Cristea, H.* : **Anwendung bildhafter konzepte bei laufender automatischer Überwachung des Betriebsverhaltens von Verbundnetzen**

Darstellung modernster Untersuchunsverfahren des Betriebsverhaltens von Verbundnetzen.

Energetica 16 (1968) H. 10, S. 438–443

Ionescu, Al., Popa B., Bensimon Ana u.a. : **Ermittlung von Schaltüberspannungen in Hochspannungsnetzen**

Es werden die Ergebnisse von in 110-und 220-kV-Netzen mit verschiedenen Schaltertypen vorgenommenen Untersusuchungen erörtert. Weiterhin werden Ergebnisse von mit einem Elliot-Rechner auf Grund eines vom Institut für energiewirtschaftliche Studien und Entwicklungen aufgestellten Programms, zwecks Ermittlung der Überspannungen einer 220 kV-Leitung angestellten Berechnungen beschrieben.

Energetica 16 (1968), H. 10, S. 444–452

Iacobescu, Gh. und *Iordănescu, I.* : **Überspannungen bei Leerabschaltung**

Die Frage der Entstehung von Überspannungen in Hochspannungsnetzen bei Leerabschaltung.

Energetica 16 (1968), H. 10, S. 452–460

Wlezek, C. : **Ermittlung mit Hilfe elektronischer Rechner der Brennstoffeinsparungen bei gekuppelter Erzeugung von Elektroenergie und von Wärme**

Es wird ein für elektronische Recher aufgestelltes neues Berechnungsverfahren für Ermittlung der durch gekuppelte Wärme- und Elektroenergieerzeugung erreichbaren Brennstoffeinsparungen im Verhältniss zu den wichtigsten sie beeinflussenden Faktoren beschrieben.

Energetica 16 (1968), H. 10, S. 461–467

Otobâcu, V. : **Schwingungsmessungen an Dampfturbinenschaufeln**

Es werden verschiedene Schwingungsarten sowie Mittel zur Untersuchung derselben dargestellt. Verschiedene Untersuchungsverfahren von Schaufelschwingungen von in Betrieb (unter Last) befindlichen Turbinen beschrieben.

Energetica 16 (1968), H., 10, S. 467–470

Voinea, Gh. : **Viederherstellung gerissener Schweissnähte bei Dampfturbinenläufern**

Es wird die Zwechmässigkeit der Wiederherstellung von Dampfturbinen-Trommelläufern nachgewiesen und die Arbeitsverfahren für Vorbereitung und Ausführung der Schweissung der zwischen den Scheiben befindlichen Nähte beschrieben.

Energetica 16 (1968), H.10, S. 470–473

WISSENSCHAFTLICHE ORGANISIERUNG DER ERZEUGUNG IM ELEKTRIZITÄTSSEKTOR

Luca, L. : **Betrachtungen über die Abteilungen für Organisierung der Erzeugung und der Arbeit**

Der Verfasser stellt sich als Ziel, Aufgaben und Befugnisse einer neuen Abteilung innerhalb der Aufbaues der Ministerien, der Industrieverbände und der Unternehmungen aufzustellen, welche die Fragen der Organisierung der Erzeugung und der Arbeit vom wissenschaftlichen Standpunkt bearbeiten sollen.

Energetica 16 (1968), H. 10, S. 473–478

SOMMAIRE

Stăncescu, I.D. : **Le Symposium sur les problèmes posés par l'approvisionnement en énergie électrique et en chaleur des grands complexes industriels**

Energetica 16 (1968) no. 10 p. 429–431

Badea, I.A. : **Le niveau de l'automatisation dans les centrales thermiques roumaines**

L'article est une synthèse et présente le niveau de l'automatisation dans les centrales thermiques, les solutions adoptées et les perspectives.

Energetica 16 (1968), no. 10, p. 432–438

Dimo, P. et *Cristea, H.* : **L'utilisation des concepts figuratifs dans l'analyse automatique du comportement des réseaux électriques**

Voici un exposé des méthodes très modernes employées pour étudier les régimes de fonctionnement des réseaux électriques.

Energetica 16 (1968), no. 10, p. 438–443

Ionescu Al., Popa B., Bensimon Ana e.a. : **La détermination des surtensions de comutation dans les réseaux de haute tension**

La première partie de l'article présente les résultats obtenus à la suite d'expériences faites dans les réseaux sous 110–220 kV avec différents types de disjoncteurs. La seconde partie donne les résultats des calculs faits sur une machine ELLIOTT, à base du programme établi par l'Institut d'Etudes et de Projets Energétiques pour déterminer les surtensions sur une ligne à 220 kV.

Energetica 16 (1968), no. 10, p. 444–452

Iacobescu, Gh. et *Iordănescu, I.* **Surtensions produites en cas de découplage à vide des transformateurs**

Quelques problèmes de surtensions dans les réseaux de haute tension en cas de découplage à vide.

Energetica 16 (1968), no. 10, p. 452–460

Wlezek, C. : **L'analyse de l'économie de combustible réalisable par la production combinée de chaleur et d'électricité, à l'aide du calculateur électronique**

Il s'agit d'une méthode de calcul utilisant le calculateur, de la variation de l'économie de combustible réalisable en cas de production combinée de chaleur et d'électricité, en fonction des facteurs d'influence principaux.

Energetica 16 (1968), no. 10, p. 461–467

Otobâcu, V. : **Le mesurage des vibrations des palettes de turbines à vapeur**

L'auteur énumère différents genres de vibrations et de mèthodes d'examen. Il décrit des méthodes différentes utilisées pour étudier les vibrations des palettes pendant le fonctionnement (turbine sous charge).

Energetica 16 (1968), no. 10, p. 467–470

Voinea, Gh. : **La réparation des cordons de soudure fissurés sur des rotors type tambour des turbines à vapeur**

On démontre l'utilité de la réparation des rotors type tambour des turbines et on décrít les opérations technologiques de préparation et d'exécution de la soudure des cordons abimés entre les disques.

Energetica 16 (1968), no. 10, p. 470–473

ORGANISATION SCIENTIFIQUE DE LA PRODUCTION DANS LE SECTEUR ENERGETIQUE

Luca, L. : **Considérations sur le département d'organisation de la production et du travail**

Cet ouvrage propose de tracer les fonctions d'un nouveau département dans les ministères, les centrales industrielles et les entreprises, qui traite du point de vue scientifique les problèmes d'organisation de la production et du travail.

Energetica 16 (1968), no. 10, p. 473–478

CONTENTS

Stăncescu, I.D. : **The Symposium on the problem of elecricity and heat supply for large industiel complexes**

Energetica 16 (1968), nr. 10, p. 429–431

Badea, I.A. : **The level of automation in Romanian thermal power stations**

This is a synthesis presenting the level of automation in thermal power stations, the solutions adopted and the prospects.

Energetica 16 (1968), nr. 10, p. 432–438

Dimo, P. and *Cristea, H.* : **The employ of figurative concepts for the automatic analysis of the behaviour of power systems**

The authors have gathered here the very latest methods used to study the operating conditions of power systems.

Energetica 16 (1968), nr. 10, p. 438–443

Ionescu, Al., Popa, B., Bensimon Ana e.a. : **The determination of commutation overvoltages in h.v. systems**

The first part of this article includes the results obtained during trials made in 110–220 kV networks, using various types of circuit breakers. The second part deals with the results of calculations made with an ELLIOTT computer, according to the program drafted by the Institute for Power Studies and Design to establish overvoltages on a 220 kV line.

Energetica 16 (1968), nr. 10, p. 444–452

Iacobescu, Gh. and *Iordănescu, I.* **Overvoltages occuring under no-load tripping**

Some problems of overvoltage in h.v. networks in case of tripping under no-load.

Energetica 16 (1968), nr. 10, p. 452–460

Wlezek, C. : **The analysis of fuel economy achieved through combined production of steam and power, by means of an electronic computer**

A method of calculation using the computer is etablished here for the variation of fuel economy to be achieved by the combined production of steam and power, depending on the main factors that influence it.

Energetica 16 (1968), nr. 10, p. 461–467

Otobâcu, V. : **The measuring of the vibration of steam turbine blades**

Here are various types of vibrations and methods to examine them. Several methodes of investigating vibrations while turbine are under load are described.

Energetica 16 (1968), nr. 10, p. 467–470

Voinea, Gh. : **A new welding of fissured welding ropes on drum-type rotors user for steam turbines**

Good reasons are given for the utility to repair drum-type turbine rotors; the technological operations taking place for the preparation and the proper re-welding of welding ropes between disks are also mentioned.

Energetica 16 (1968), nr. 10, p. 470–473

THE SCIENTIFIC ORGANIZATION OF PRODUCTION IN THE POWER DEPARTMENT

Luca, L. : **Considerations on the department for the organization of production and labor**

This paper propose the outline of the functions of a new department in the organization of ministries, industrial centrals and enterprises, which would investigate, from a scientific point of view, the problems of the organization of production and labor.

Energetica 16 (1968), nr. 10, p. 473–478

ORSZÁGOS MŰSZAKI

Simpozionul ONU privind problemele legate de alimentarea cu căldură şi energie electrică a marilor ansambluri industriale

Bucureşti — mai 1968

CONCLUZII GENERALE

Prof. ing. IOAN D. STĂNCESCU

În numărul 7 al revistei noastre, dedicat lucrărilor simpozionului sus-menţionat, nu au mai putut fi incluse concluziile generale, expuse de prof. ing. I. D. Stăncescu, în şedinţa finală, în numele celor trei raportori generali.

Publicăm în numărul de faţă aceste concluzii, care păstrează întocmai caracterul lor succint şi sintetic, dar avînd adăugate cîteva comentarii, neapărat necesare unei urmăriri în afara ambianţei directe a lucrărilor.

Discuţiile purtate în cele trei grupe ale simpozionului[*)] au confirmat constatarea raportorilor generali, făcută încă la studiul rapoartelor, că este foarte greu a respecta în mod riguros împărţirea problemelor pe cele trei secţii de lucru preconizate, deoarece caracterul complex al problemelor tratate implică de cele mai multe ori interferenţe inevitabile cu tematica celorlalte grupe. De altfel, această situaţie, dată fiind interdependenţa efectivă a problemelor aşa cum ele apar în practică, era de aşteptat, şi împărţirea pe grupe nu a reprezentat decît o primă triere din punct de vedere organizatoric, în funcţie de ponderea problemelor respective.

Din aceste motive, după ce la sfîrşitul şedinţelor de lucru ale fiecărei grupe, raportorul general al grupei a tras concluziile discuţiilor aferente, punînd mai ales în evidenţă aspectele specifice tematicii grupei respective, a rezultat indicat ca în încheierea dezbaterilor să se rezume într-o scurtă expunere acele probleme care, într-o viziune de ansamblu corespunzătoare, să poată fi considerate ca reprezentînd concluziile generale ale lucrărilor simpozionului.

Păstrîndu-le forma succintă de expunere finală, aceste concluzii sînt următoarele :

1. *Prognoza* dezvoltării cererii de energie electrică şi căldură a marilor ansambluri industriale se dovedeşte necesară nu numai în ţările cu economie planificată sau parţial planificată, dar chiar şi în ţările cu piaţă liberă. De aceea se constată un interes crescînd pentru studii de previziune a creşterii necesarului de energie, atît în general, dar şi localizat la noua formă de dezvoltare a marilor ansambluri industriale.

2. La stabilirea *necesarului de energie* este din ce în ce mai mult nevoie de o strînsă colaborare între specialiştii tehnologi şi energeticieni ai industriei consumatoare, cît şi cu furnizorii de echipament tehnologic şi energetic, deoarece la complexele tehnologii moderne se pot influenţa favorabil încă din această fază soluţiile finale optime de alimentare cu energie electrică şi căldură.

În cadrul acestei colaborări trebuie stabilite în comun, şi în modul cel mai raţional posibil, condiţiile-limită ale exigenţei consumatorilor cu privire la continuitatea alimentării cu diferitele forme de energie, la menţinerea parametrilor energetici — caracteristicile agentului termic utilizat, frecvenţa şi tensiunea curentului electric etc. —, precum şi eventuale condiţii deosebite rezultînd din natura unor echipamente speciale ce urmează a fi instalate, ca de exemplu motoare sincrone de mare putere.

3. Problema *gradului de siguranţă* al alimentării cu energie a suscitat cel mai viu interes. Actualmente este posibil să se prevadă prin metode şi mijloace matematice tot mai rafinate probabilitatea incidentelor de exploatare şi să se aprecieze fiabilitatea alimentării, dar abia sînt iniţiate studiile privind evaluarea pe o bază ştiinţifică obiectivă a pierderilor provocate de întreruperile în alimentarea cu energie.

4. În ceea ce priveşte *instalaţiile* destinate alimentării cu căldură şi cu energie electrică a marilor ansambluri industriale, dezbaterile, cît şi numeroasele exemple prezentate în ra-

---

[*)] Grupa A : Cererile de căldură şi energie electrică ale marilor ansambluri industriale (raportor general : ing. T. Comănescu).

Grupa B : Diferite concepţii în rezolvarea alimentării cu căldură şi energie electrică a acestor ansambluri (raportor general : prof. ing. I. D. Stăncescu).

Grupa C : Planificare de ansamblu, probleme financiare şi tarifare (raportor general : ing. A. Schwefelberg).

poarte şi în discuţii arată în mod limpede că nu există reţete universale, dar că totuşi se pot recunoaşte unele tendinţe fundamentale. Cît timp problema este limitată exclusiv la alimentarea cu energie electrică, soluţia cea mai adecvată este alimentarea din reţeaua electrică generală. De la caz la caz, însă, trebuie să se prevadă pentru a se asigura gradul de siguranţă în funcţionare necesar, eventuale reţele duble de curent sau chiar să se instaleze surse de rezervă, amplasate la consumator, care în caz de deranjamente să poată prelua cel puţin consumatorii vitali.

Dacă există şi cereri de căldură de temperatură medie sau joasă, este tot mai interesant, şi interesul creşte o dată cu gradul de mărime al cererii, să se facă apel la soluţii locale de producţie combinată de energie electrică şi de căldură.

5. O problemă deosebit de importantă este aceea a punerii în valoare a *resurselor energetice secundare* din marile ansambluri industriale. Ca şi în cazul producţiei combinate de căldură şi energie electrică, elementul economic determinant al acestei acţiuni este valoarea economiei de combustibil realizabilă pe această cale. Problema prezintă un interes cu atît mai actual, cu cît în multe industrii — în special chimice — devin disponibile, ca urmare a unor procese tehnologice noi, cantităţi tot mai mari de astfel de resurse energetice secundare. În aceste condiţii, care diminuează corespunzător necesarul de căldură de acoperit dintr-o eventuală centrală electrică exterioară de termoficare, poate apărea raţional ca industria sau grupul de industrii respectiv să-şi acopere complet consumul de căldură din aceste resurse proprii. Dacă într-un astfel de caz se reuşeşte a se pune în valoare resursele energetice secundare printr-un ciclu de producţie combinată cu caracteristici adecvate într-o centrală electrică de termoficare proprie, este posibil să se acopere în mare parte, dacă nu chiar în totalitate, şi cererea de energie electrică.

6. *Durata de utilizare* a instalaţiilor energetice se cere a fi continuu şi sensibil îmbunătăţită. Aceasta este posibil atît prin măsuri de raţionalizare a regimurilor de consum ale instalaţiilor tehnologice, cît şi prin extinderea consumului în orele din afara perioadelor de vîrf zilnice sau sezoniere, ca de exemplu prin condiţionarea aerului în imobile în timpul verii şi prin utilizarea inerţiei termice a anumitor consumatori în timpul iernii. O altă posibilitate foarte eficace constă în instalarea de echipamente de producere specializate pentru preluarea vîrfurilor cererilor de căldură — cazane de apă fierbinte în cazul încălzirii clădirilor sau cazane de abur de joasă sau medie presiune pentru alimentarea industrială cu abur. În acest fel se poate mări, uneori într-o măsură susbstanţială, durata de utilizare a instalaţiil energetice principale, adică a cazanelor de abu de înaltă presiune şi a turbinelor de termoficare respective.

7. Pentru a face faţă exigenţelor menţionat *furnizorii de echipament energetic* trebuie să fac un efort important pentru lărgirea gamei ş sortimentului echipamentelor fabricate, pentru ameliorarea randamentelor şi calităţilor d exploatare respective şi mai ales pentru a l asigura un grad ridicat de fiabilitate.

În această privinţă sînt de relevat îndeoseb complicate probleme tehnice puse de alimentarea cu energie electrică a marilor ansamblur industriale de care s-a făcut menţiune amplă î numeroase intervenţii.

8. Trebuie să se semnaleze de asemenea că în fapt, aşa cum se confirmă în tot mai mult cazuri, alimentarea cu energie electrică a marilor ansambluri industriale este din ce în c mai legată de alimentarea cu energie a unor *ansambluri urbane*. Cele două categorii de consumatori pot apărea combinate chiar de la început, sau apariţia primelor ansambluri determină în subsidiar şi în mod eşalonat apariţia unor ansambluri urbane vecine. În astfel de cazuri, pe lîngă problemele specifice discutate, pot apărea aspecte energetice noi, ca de exemplu necesitatea arderii deşeurilor menajere sau eforturi deosebite pentru evitarea poluării atmosferei urbane.

9. Opiniile exprimate asupra *aspectelor economice de ansamblu* acoperă, în special în ceea ce priveşte producţia combinată, o gamă foarte largă şi nuanţată de păreri, bine delimitată de altfel, prin poziţiile extreme în favoarea sau defavoarea acestei soluţii, care au fost şi ele expuse.

Oportunitatea economică a termoficării industriale, care în sine reprezintă o soluţie totdeauna avantajoasă din punct de vedere energetic, este apreciată în mod diferit, în funcţie de interpretarea dată avantajelor realizate. Deşi în cele mai multe cazuri ea este avantajoasă din toate punctele de vedere, uneori avantajul se prezintă numai integrat la nivelul economiei naţionale, efectele economiei de combustibil la nivelul întreprinderii putînd fi anulate în anumite condiţii-limită de efortul mai ridicat de investiţii directe implicat la nivelul acesteia. În aceste cazuri, decizia poate fi diferită, în raport cu posibilitatea de a face să primeze sau nu interesul economic general.

10. *Cooperarea* serviciilor publice cu autoproducătorii industriali este considerată ca favorabilă economiei energetice, atît din punctul de vedere al colectivităţii în ansamblu cît şi al aceluia al întreprinderilor alimentate. Libertatea tot mai mare de amplasare oferită de condiţiile tehnice moderne constituie, după cum s-a subliniat repetat în discuţii, unul dintre factorii cei mai favorabili pentru crearea unor

mari centrale electrice publice de termoficare în scopul alimentării marilor ansambluri industriale şi urbane cu căldură şi energie electrică. În acelaşi timp apare în afară de orice îndoială că puternice reţele publice electrice şi termice permit o alimentare mai sigură, dacă nu chiar mai ieftină decît autoproducerea, fără însă a reduce avantajele pe care această din urmă soluţie le poate prezenta în anumite cazuri, determinate de condiţii favorabile concrete.

11. *Problemele tarifare* au fost abordate din puncte de vedere destul de diferite. Majoritatea, dacă nu chiar totalitatea vorbitorilor care s-au ocupat de această problemă, au relevat necesitatea ca tarifele de energie să fie bazate nu numai pe costurile de exploatare inclusiv beneficiile producătorilor, ci, plecînd de la această bază, să reflecte o anumită politică în tendinţele şi intenţiile pe termen mai mult sau mai puţin lung, în ceea ce priveşte :

— favorizarea economiei de energie,

— asigurarea unor resurse suficiente pentru lărgirea producţiei şi

— evitarea în acelaşi timp a unor exigenţe nejustificate în materie de siguranţă de alimentare,

şi să constituie în acest fel pîrghii efective de progres în acest domeniu.

12. Dezbaterile au relevat un interes atît de mare, pentru anumite probleme, încît schimbul de păreri a fost considerat neapărat necesar a fi continuat şi sistematizat, în care scop au fost făcute propuneri pentru iniţierea unor studii corespunzătoare în cadrul Comitetului de energie electrică, şi anume :

a) *Metode de prevedere* a necesarului de energie electrică şi de căldură al marilor ansambluri industriale, pe perioade scurte şi medii, precum şi consideraţii pentru perioade mai lungi.

b) *Fiabilitatea alimentării* cu energie electrică şi cu căldură a marilor ansambluri industriale, metode de evaluare a pierderilor datorite întreruperii alimentării cu energie, precum şi propuneri de criterii de optimizare tehnică şi economică.

c) *Integrarea* alimentării cu căldură şi cu energie electrică a marilor ansambluri industriale şi urbane, inclusiv consideraţii privind oportunitatea includerii alimentării cu alte forme de energie (combustibil, aer comprimat etc.).

d) Utilizarea *calculatoarelor electronice* pentru stabilirea concepţiei şi a dinamicii de execuţie a centralelor de termoficare alimentînd cu căldură şi energie electrică mari ansambluri industriale.

e) *Probleme speciale de viitor* : impactul dezvoltării folosirii energiei nucleare, a pilelor de combustie etc. asupra alimentării cu căldură şi energie electrică a marilor ansambluri industriale, sau tendinţe deosebit de interesante de dezvoltare, ca de exemplu : desalinarea apei de mare, *total energy supply* (sistem integrat de alimentare locală cu toate formele de energie) etc.

În concluzie, trebuie subliniat, chiar cu riscul repetării, că rapoartele şi dezbaterile acestui simpozion constituie un pas important în promovarea unei concepţii moderne în alimentarea cu căldură şi energie electrică a marilor ansambluri industriale, acestea din urmă reprezentînd ele înseşi o fază recentă a concentrării industriale. Şi că, în elaborarea acestei concepţii, specialiştii energeticieni din industrie înţeleg să joace un rol din ce în ce mai important, demonstrat convingător de altfel prin prezenţa şi participarea la dezbaterile simpozionului a unui număr remarcabil de astfel de specialişti.

Nivelul de automatizare în centralele termoelectrice din țară

Conf. ing. I. A. Badea *)

Nivelul de automatizare a centralelor termoelectrice este caracterizat, pe orizontală, de instalațiile din centrală la care se introduce automatizarea și, pe verticală, de nivelul de comandă, de informare și de numărul de circuite de reglare automată.

Comanda poate fi realizată în mai multe niveluri : comandă pe element, pe fiecare vană, motor etc., la care fiecare element este comandat de la distanță ; comandă pe grupe funcționale, în care, de la un același semnal primit, se pornește o succesiune de mai multe operații ale unui anumit element funcțional al centralei, ca pompe de alimentare, aprinderea unui arzător etc. ; program pe bază logică sau secvențială, în care, la primirea unui semnal, se succed automat un număr de operații care conduc la pornirea sau oprirea unui agregat, ca : turbină, grup turbogenerator, cazan de abur etc.

În cazul informației se pot deosebi trei niveluri : informare locală, cu aparate de măsurat cu indicații la fața locului, ca : manometre locale, termometre cu mercur etc. ; informare centralizată, la care informațiile diferite de la mai multe puncte ale instalației se centralizează la un tablou local sau în camera de comandă ; tratarea automată a informațiilor, la care citirea și prelucrarea informațiilor se fac automat, cu ajutorul unui calculator electronic.

Pe orizontală, nivelul de automatizare în centrală a cuprins toate instalațiile tehnologice ale acesteia, iar pe verticală s-a ajuns la informarea centralizată, comanda secvențială și pe bază de program.

Nivelul de automatizare în centralele termoelectrice, atît pe orizontală, cît și pe verticală, s-a stabilit ținîndu-se seamă de caracteristicile tehnice ale echipamentului tehnologic, de mărimea gradului de siguranță, de îmbunătățirea consumurilor specifice de combustibil, de mărirea productivității muncii personalului de exploatare, de aspectele economice și de posibilitățile de procurare de aparatură de automatizare.

În cele ce urmează se va face o scurtă prezentare a nivelului de automatizare în centralele termoelectrice, a soluțiilor adoptate, precum și a perspectivelor de viitor.

Niveluri de comandă

Numărul mare de elemente tehnologice, ca : ventile, pompe, vane etc., ce trebuie acționate în centrale, ca și siguranța deosebită cerută funcționării acestora au impus adoptarea unui nivel ridicat de comandă de la distanță.

Centralele termoelectrice proiectate și realizate în țară pînă în anul 1965 au fost prevăzute cu comandă de la distanță la nivelul de element, adică pe fiecare vană, ventil, motor etc. Din această cauză, ca și datorită utilizării unor chei de comandă de dimensiuni mari, impuse de posibilitățile de procurare, s-a ajuns la pupitre de comandă cu lungimi mari, care au adus anumite greutăți în exploatare.

Începînd cu grupul de 100 MW instalat la CTE Sîngiorgiu, s-a trecut la nivelul superior al comenzii pe grupe funcționale. Soluția, realizată prin folosirea elementelor statice, are avantajul micșorării pupitrului de comandă și măririi siguranței în exploatare.

Blocurile de 315 MW instalate în centrala Craiova sînt prevăzute cu automatizarea pornirii și opririi grupului turbină-generator, cu instalație automată cu secvențe și unele grupe funcționale.

Cazanele de abur de 420 t/h și grupurile de termoficare de 50 MW în asimilare în țară, prevăzute să fie instalate la centralele Govora și Palas, vor fi realizate cu comanda la nivelul de element. Pentru a se reduce însă lungimea pupitrului de comandă, se vor utiliza module mici fabricate în țară, de tipul UNIMOD.

Grupurile mari care vor fi instalate în viitor în țară, în funcție de posibilitățile de elaborare în țară de scheme cu elemente statice și de eficacitatea economică, vor fi dotate cu comenzi la nivelul grupelor funcționale.

Nivelul de informații

Mărimile care se măsoară, aparatele de măsurat și locul unde se duce informația au fost stabilite pe baza condițiilor impuse de furnizorul echipamentului tehnologic. Acestea au fost completate cu aparatele de calitate stabilite prin RET și unele aparate impuse prin instrucțiunile Inspectoratului energetic.

Dacă la primele centrale — ca Ovidiu II, Comănești, Doicești și grupurile de 25 și 50 MW de la Borzești și Paroșeni — informațiile privind mărimile tehnologice de exploatare au fost aduse la tablouri locale amplasate în sala cazanelor și turbinelor, la centralele construite după 1958 — ca Luduș, Craiova, extindere Borzești etc. — informațiile se transmit în camerele de comandă ale blocurilor.

La centrala Craiova — extindere cu două blocuri de cîte 315 MW și la centrala Luduș sînt în curs de intrare în funcțiune calculatoare de tratare a informațiilor.

În funcție de experiența din exploatare a instalațiilor intrate în funcțiune, pentru a se

---

*) Ioan Arsenie Badea este inginer consilier la ISPE.

putea îmbunătăți condițiile de urmărire a personalului de exploatare, se va urmări reducerea numărului măsurătorilor transmise în camera de comandă. Pe această linie, în funcție de prețul elementelor, se vor verifica posibilitățile ca să se folosească pe scară largă unele instalații de supraveghere automată, ca instalația ZM-107, care va fi asimilată la FEA.

Automatizarea cazanelor de abur

Diversitatea mare a cazanelor de abur instalate în țară, caracteristicile tehnologice ale acestora, condițiile cerute de fabricile furnizoare ale echipamentului au condus la o varietate mare de scheme de automatizare a acestor agregate.

Nivelul de automatizare al cazanelor instalate în țară a crescut, atît pe orizontală cît și pe verticală, o dată cu mărirea unităților, ridicarea parametrilor, utilizarea mai multor combustibili și mărirea siguranței de funcționare impusă de sistemul energetic.

Nivelul înalt de automatizare al cazanelor de abur este determinat de soluțiile moderne de comandă, de tratare a informațiilor și de reglare automată adoptate.

De la centrală la centrală se constată o îmbunătățire a performanțelor schemelor de reglare, atît prin soluțiile adoptate cît și prin aparatura utilizată. Astfel, s-a trecut de la regulatoarele electromecanice și electronice cu tuburi, instalalte la CET Comănești, CTE Ovidiu, și primele grupuri din CET Borzești, și s-a ajuns la regulatoare electronice tranzistorizate cu siliciu.

În tabela 1 se indică, raportat la puterea agregatelor, ponderea exprimată în procente în care intervin diferitele tipuri de regulatoare folosite în centralele electrice din țară [1].

Tabela 1

Tipurile de regulatoare folosite în centralele mari din țară

Nr. crt.	Regulatoare	Procente din puterea instalată în centrale echipate cu regulatoare
1	Electronice, cu ieșire discontinuă	66,5
2	Electronice, unificate, cu ieșire continuă	23,3
3	Pneumatice	4,4
4	Hidraulice	2,0
5	Electromecanice	3,8
	Total	100,0

Elementele de execuție sînt în majoritatea lor electrice, după cum se constată și din tabela 2.

Pînă în 1960 schemele de reglare automată a cazanelor de abur au fost realizate în special cu regulatoare neunificate, de tip electromecanic și pneumatic.

Tabela 2

Tipuri de elemente de execuție folosite în centralele mari din țară

Nr. crt.	Elemente de execuție	Procente din puterea instalată în centrale echipate cu elemente de execuție
1	Electrice	93,7
2	Pneumatice	4,2
3	Hidraulice	2,1
	Total	100,0

După 1960, pe baza experienței necorespunzătoare a regulatoarelor electromecanice, s-a renunțat atît la acestea cît și la cele pneumatice și hidraulice și s-a adoptat o aparatură modernă de tip electronic, cu elemente de execuție electrice cu viteză constantă, ca la centralele Borzești, Brazi, Paroșeni, Craiova, și regulatoare electronice unificate fără contacte, cu elemente de execuție cu viteză proporțională, ca la CTE Luduș.

Pe lîngă folosirea unei aparaturi cu performanțe superioare, trebuie menționate soluțiile date în reglarea automată a cazanelor de abur de debite mari, în cazul arderii unui combustibil, ca la grupul de 100 MW de la centrala Luduș, și cu mai mulți combustibili, ca la centralele Iași și Craiova 2×315 MW.

În figura 1 se prezintă schema simplificată de reglare automată a cazanelor de abur de 330 t/h de la CTE Luduș, cu combustibil gaz metan. Schema este realizată cu regulatoare electronice cu elemente de execuție electrice cu viteză variabilă. Cazanul este legat bloc cu turbina.

Combustibilul este reglat în funcție de sarcina grupului și presiunea aburului la ieșirea din supraîncălzitorul cazanului, cu reacție secundară a debitului de combustibil. Aerul necesar arderii este reglat în funcție de debitul de combustibil, cu corecția de O_2 în gazele de ardere și cu reacție secundară în funcție de debitul de aer.

Debitul de gaze de ardere este reglat în funcție de depresiunea în focar.

Reglarea alimentării cu apă este realizată după schema cu trei semnale, elementele de execuție lucrînd asupra poziției ventilului pe apa de alimentare. În funcție de pierderea de presiune pe acest ventil, pe ventilul din stînga sau dreapta, se reglează automat turația pompelor de apă de alimentare, prin acționarea asupra cuplei hidraulice.

Temperatura aburului se reglează în primele trepte prin injecție de condensat, în funcție de sarcina grupului și temperatura aburului la ieșirea din supraîncălzitor.

În supraîncălzitorul de abur final se aplică reglarea în cascadă.

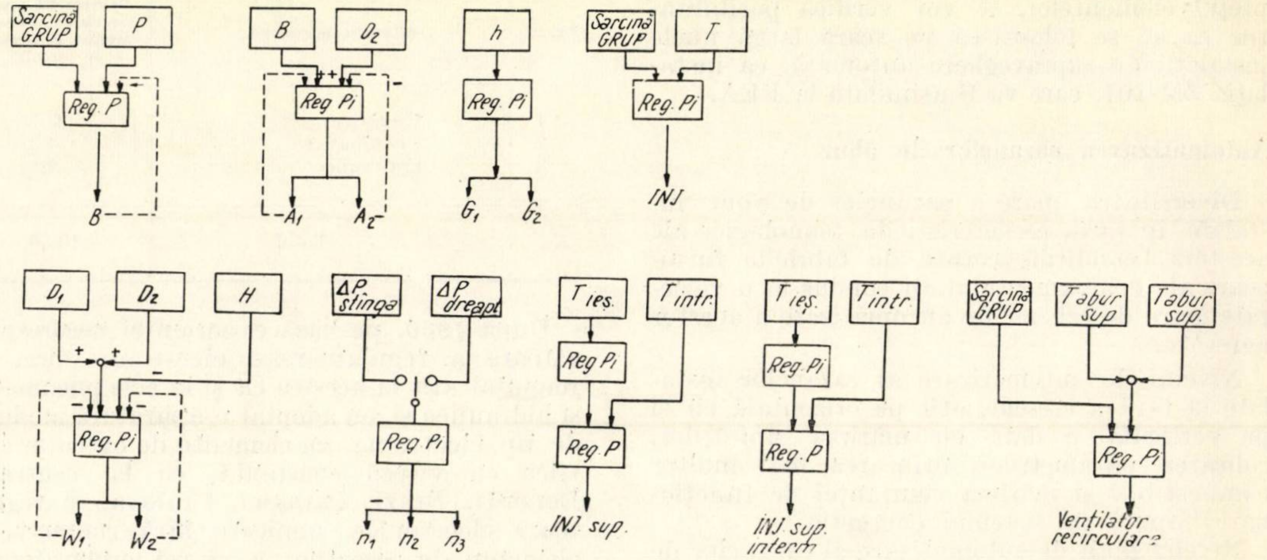


Fig. 1. Schema simplificată de reglare automată a unui cazan de abur cu circulație naturală, de 330 t/h, cu combustibil gaz metan :

P – presiune ; B – combustibil ; O_2 – conținutul de O_2 în gazele de ardere ; h – depresiune în focar ; D – debit de abur ; W – debit de apă ; H – nivel tambur ; PI – regulator cu acțiune PI.

La supraîncălzirea intermediară, în funcție de temperatura aburului supraîncălzit intermediar și de sarcină, se acționează asupra ventilatorului de recirculare.

În figura 2 se prezintă schema simplificată a reglării automate a cazanelor de abur cu străbatere forțată de 510 t/h de la CET Craiova. Grupul de 315 MW este legat bloc cu două cazane de tipul studiat. Cazanele sînt prevăzute pentru arderea simultană a lignitului și gazului metan. Schema de reglare este realizată cu aparatură complet tranzistorizată, cu elemente cu siliciu.

În funcție de programul fixat, grupul turbogenerator poate funcționa fie cu sarcină fixă impusă, fie în funcție de variația frecvenței sistemului.

În primul caz, grupul urmărește sarcina cazanelor prin acționarea asupra regulatorului centrifugal al turbinei, *RC*, astfel încît să se păstreze constantă presiunea măsurată cu traductorul *P*. Diferența dintre debitul de abur al cazanelor, măsurat cu traductorul *D*, și sarcina fixată N_0 (fig. 2) se transmite ca semnal de sarcină X_B în circuitul de reglare a combustibilului.

Semnalul X_B este prelucrat în regulatorul *PI*, comparat cu sarcina, și abaterea este trecută divizorului *DV*, care fixează raportul dintre cantitatea de cărbune și gaz metan.

Impulsul primit la cărbune se repartizează în mod uniform la cele șase mori, turația fiecărei mori fiind adusă ca reacție la fiecare circuit de reglare a morii, iar suma lor la circuitul general. Semnalul primit la gaz metan se repartizează, după un anumit raport, între debitul la arzătoarele inferioare și cel la arzătoarele superioare. Fiecare din aceste circuite de reglare are o reacție în funcție de debitul de combustibil, care prin elementul de multiplicare fixează aportul cantității respective de gaz. Un circuit de reglare cu regulator *PI* menține constantă presiunea gazului metan înaintea clapetelor de reglare.

Debitul de aer se reglează pe fiecare combustibil în parte.

Reglarea debitului de gaze de ardere se realizează în funcție de depresiunea în focar.

Reglarea debitului de apă se face diferit la pornire și la funcționarea în sarcină.

La pornire se menține un debit constant de apă de alimentare, elementul de execuție acționînd asupra ventilului de debit redus. Circuitul de reglare de la vasul de separare menține constant nivelul în acest vas, prin recircularea surplusului de apă în degazor.

În funcționarea normală, reglarea debitului de apă se realizează cu ventilul *V*-1 din circuitul de reglare, care urmărește ca debitul de apă să fie proporțional cu sarcina, și se corectează în funcție de temperatura aburului, printr-un semnal prelucrat printr-un regulator *PI*.

În scopul de a se optimiza procesul tehnologic, se reglează debitul de apă produs de pompele de apă de alimentare, prin varierea turației acestora, în funcție de menținerea constantă a căderii de presiune pe ventilul de reglare *V*-1.

Temperatura aburului supraîncălzit se reglează cu circuite în cascadă, în care impulsul de temperatură la ieșirea din supraîncălzitor, prelucrat într-un regulator *PID*, este introdus ca mărime de referință în circuitul de reglare a injecției, în care ca mărime reglată este temperatura aburului după injecție, la intrarea în treapta supraîncălzitorului.

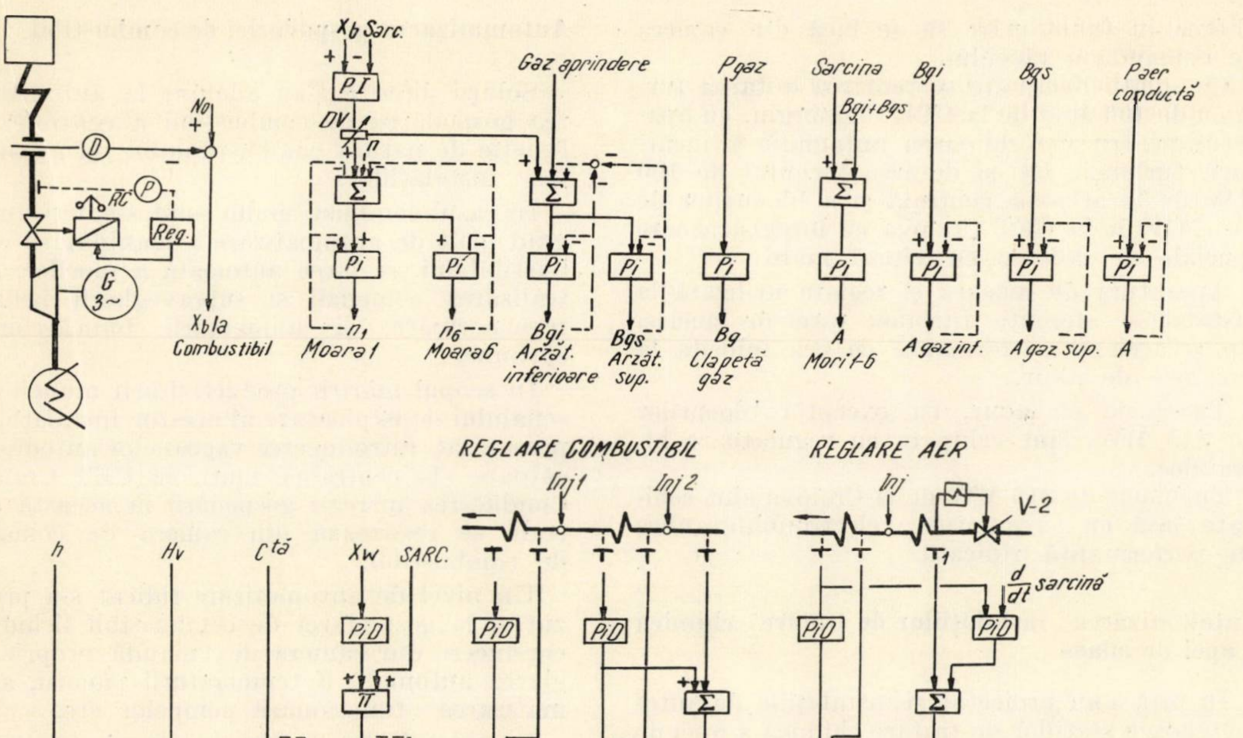

Xb Sarc.
PI
DV
n
No
D
P
RC
Reg.
G 3~
Σ
Pi
Xbla Combustibil
n1 Moara 1
n6 Moara6
Gaz aprindere
Bgi Arzăt. inferioare
Bgs Arzăt. sup.
Pgaz
Bg Clapetă gaz
Sarcina
Bgi
Bgi+Bgs
Bgs
Paer conductă
A Morii 1-6
A gaz inf.
A gaz sup.
A
REGLARE COMBUSTIBIL
REGLARE AER
h
Hv
Ctă
Xw
SARC.
Inj1
Inj2
PiD
π
G
W
Wp
W
Reglare gaze
Regl. apă vas separ.
Regl. apă pornire
Regl. apă sarc. V-1
inj.1
inj2
Xw la regl. apă
REGLARE TEMP. ABUR SUPRAÎNC.
Inj
V-2
T1
d/dt sarcină
Inj
V
REGLARE TEMP. ABUR SUPR. INTERMEDIAR

Fig. 2. Schema simplificată a reglării automate a unui cazan cu străbatere forțată de 510 t/h, cu combustibil cărbune și gaz metan :

Notațiile ca la fig. 1; H_v — nivel în vas de separare; Σ — element de însumare; π — element de multiplicare; n_1 — n_6 — turație mori.

Temperatura aburului supraîncălzit intermediar este reglată cu două circuite de reglare automată. Un prim circuit în cascadă are un regulator *PID* în amonte, care primește ca semnal de intrare temperatura aburului la ieșirea din supraîncălzitorul intermediar și viteza de variație a sarcinii și care, prin elementul de execuție acționează ventilul cu trei căi *V*-2 și prin modificarea by-passului schimbă temperatura. Circuitul al doilea, tot în cascadă, acționează asupra ventilului de injecție și are scopul de a interveni în regim dinamic și ca rezervă.

În plus, cazanul dispune și de un reglaj al ventilatoarelor de recirculare, al repartiției sarcinii și debitului de abur supraîncălzit între cele două cazane, care nu sînt reprezentate în schemă.

Protecția automată a cazanelor de abur a fost tratată în mod deosebit în cadrul automatizării unităților. Schemele de protecție realizate respectă condițiile impuse de fabricile furnizoare de echipament tehnologic și de cerințele unei siguranțe mărite în exploatare.

Experiențele negative obținute cu schemele de protecție cu „lipsă de tensiune”, care la arderea unui fuzibil opreau inutil blocul, au condus la adoptarea schemelor cu „ tensiune de lucru” și cu supraveghere automată a siguranțelor.

La unele scheme de protecție, la care traductoarele nu prezintă o siguranță suficientă, s-au adoptat scheme cu legarea „două din trei”. În cazul folosirii de traductoare cu siguranță mare de funcționare, ținînd seamă și de experiența pozitivă în străinătate, s-a adoptat soluția „unu din unu”.

Supravegherea automată a flăcării a constituit o preocupare deosebită în cadrul schemei de protecție a cazanului. Totuși, din cauză că nu s-au putut obține elemente sigure și fiindcă nu s-au asimilat în țară, aplicarea lor a fost restrînsă la un număr redus de centrale, ca CET Iași, CET Craiova 2×315 MW etc.

Automatizarea turbinelor cu abur

Nivelul automatizării turbinelor cu abur și al instalațiilor aferente este similar cu cel adoptat la cazanele de abur ale centralei.

La grupurile mari s-a dezvoltat un nivel ridicat de tratare a informațiilor și de comandă la distanță, ceea ce a permis ca manevrele principale de pornire, oprire, ca și supravegherea în funcționare să se facă din camera de comandă a blocului.

Ca soluții deosebite se remarcă dotarea turbinei de 100 MW de la CTE Sîngiorgiu, cu aparatul pentru determinarea automată a încărcării turbinei, cît și dotarea blocului de 100 MW de la această centrală și a blocurilor de 315 MW de la CET Craiova cu înregistratoare speciale de defecte cu viteză mare.

Aparatura de măsură și reglare utilizată la instalațiile aferente turbinei este de același tip și aceleași performanțe cu cea folosită la cazanele de abur.

Turbinele cu abur, cu excepția blocurilor de 315 MW, sînt echipate cu regulatoare hidraulice.

Turbinele de 315 MW de la Craiova sînt echipate însă cu regulatoare electronohidraulice cu performanță ridicată.

Automatizarea instalațiilor de tratare chimică a apei de adaos

În țară s-au proiectat și instalațiile de automatizare a stațiilor de tratare chimică a apei de adaos și a condensatului în centralele electrice.

Deși aceste instalații sînt mult mai puțin complexe decît agregatele principale ale centralei, totuși, datorită lipsei de aparatură corespunzătoare, ca elemente de execuție cu ventile anticorosive și aparate de control automat al apei, și datorită costului relativ ridicat, volumul de automatizare este mult inferior agregatelor principale din centrală.

Nivelul actual se limitează în special la măsurări cantitative, automatizarea proceselor de neutralizare a apelor reziduale, prepararea soluțiilor de regenerare, controlul chimic automat al calității apei, blocajul ventilelor spre sala cazanelor, în cazul unor manevre greșite, etc.

Un grad înalt de automatizare al instalațiilor de tratare a condensatului a fost adoptat la grupurile de 315 MW de la CET Craiova, unde a fost posibil să se procure aparatajul necesar.

Pentru centralele viitoare, ținînd seamă de intrarea în fabricație a aparaturii FEA, se întrevede mărirea gradului de automatizare, pînă la automatizarea completă a instalațiilor. Aceasta va mări siguranța de funcționare și va permite mărirea productivității muncii personalului de exploatare.

Realizarea acestui volum ridicat de automatizare este condiționată de asimilarea în țară a unor elemente de execuție cu acționare pneumatică sau electrică, cu ventile în execuție normală și antiacidă.

De asemenea, apare necesar să se asimileze în țară aparate de măsurat debitul, mai simple, de tip indicator și contor (inclusiv rotametre), și aparate de măsurat nivelul, care ar permite să se reducă substanțial costul automatizării.

Automatizarea gospodăriei de combustibil

Soluții diferite s-au adoptat la automatizarea gospodăriei de combustibil a centralei, î funcție de natura combustibilului și capacitatea instalațiilor.

În cazul combustibilului solid, s-a introdus u grad înalt de automatizare a manipulării combustibilului, reglarea automată a morilor, centralizarea comenzii și supravegherii benzilo transportoare și alimentării buncărelor d cărbune.

În scopul măririi productivității muncii personalului de exploatare al acestor instalații, s-a preconizat introducerea vagoanelor autodescărcătoare la centralele mari, ca CET Craiova. Conducerea întregii gospodării la această centrală se realizează din camera de comandă de combustibil.

Un nivel de automatizare ridicat s-a prevăzut și la gospodăria de combustibil lichid, cu conducere din camera de comandă proprie, reglarea automată a temperaturii păcurii, automatizarea funcționării pompelor etc.

La centralele care sînt în curs de proiectare se va păstra un nivel de automatizare ridicat. Camera de comandă, însă, va fi redusă numai la o încăpere în care să se monteze, potrivit normelor PCI, aparatajul electric, fără personal permanent de exploatare. Semnalizările și comenzile se aduc în camera de comandă termică. Prin această soluție se mărește operativitatea exploatării, siguranța de alimentare cu combustibil a cazanelor de abur și productivitatea muncii personalului de exploatare.

Automatizarea circuitului hidrotehnic

Nivelul de automatizare a circuitului hidrotehnic este impus de siguranța de funcționare a acestuia, care are influență directă asupra centralei, de reducerea personalului de exploatare și de optimizarea funcționării turbinelor.

În această direcție, în țară, s-au adoptat soluții originale, cu o mare siguranță de exploatare. Astfel, la centralele Luduș și Craiova s-a prevăzut cîte o cameră de comandă hidrotehnică, de unde se face conducerea circuitelor hidrotehnice ale centralei.

La celelalte centrale s-au adus în camerele de comandă termice comenzile pentru pompele de circulație, restul comenzilor și supravegherea făcîndu-se de la tablouri locale.

La centralele noi, în curs de proiectare, ca la centrala Deva, s-a adoptat o soluție și mai operativă, prin comandarea și supravegherea instalației din camera de comandă termică, la casa sitelor rămînînd numai un tablou local fără personal de supraveghere.

Camere de comandă termice

Gradul înalt de centralizare a informațiilor și a comenzilor, impus de mărirea siguranței de exploatare, de îmbunătățirea condițiilor de muncă ale personalului și crearea condițiilor corespunzătoare pentru aparatajul de măsură și reglare automată, a făcut ca, începînd cu anul 1959, să se treacă la realizarea de camere de comandă termice sau tehnologice, ca la centralele Luduș, Brazi, Borzești etc.

După această dată s-a adoptat soluția cu camere de comandă termice la toate centralele echipate cu grupuri de puteri mari, începînd de la 12 MW.

La centralele de termoficare echipate cu grupuri de puteri mici, de 3—6 MW, s-au încercat soluții cu camere de comandă ca la CET Dej. Din motive economice și de operativitate a comenzilor, în prezent, pentru astfel de instalații, se adoptă tablouri locale.

Soluțiile moderne adoptate pentru grupurile mari se caracterizează prin adoptarea tehnicii UNIMOD, a aparaturii unificate și modulate de dimensiuni mici, a tensiunii reduse de comandă (± 24 V c.c.) etc.

În scopul ușurării montajului și a exploatării și al îmbunătățirii circuitelor de cabluri, s-a adoptat repartitorul la subsolul camerei de comandă, la care se face legătura cablurilor care vin și pleacă din instalație și între dulapurile și pupitrele din camera de comandă.

Ca soluție, în majoritatea cazurilor, s-a adoptat o cameră de comandă termică la două blocuri, ca de exemplu la Luduș și Craiova.

Camerele de comandă, cu excepția camerei de comandă a blocului de 150 MW de la Paroșeni și a blocurilor de 200 MW de la Luduș, sînt prevăzute cu vedere spre sala mașinilor. La CTE Luduș, unde camera de comandă a celor două blocuri de 200 MW este amplasată între cazane, din motive constructive, s-a renunțat la vederea spre sala mașinilor.

Calculatoare electronice

Pe linia introducerii soluțiilor moderne în exploatarea centralelor termoelectrice, s-au examinat și s-au propus, de către ISPE, instalații de tratare automată a informațiilor, respectiv calculatoare electronice.

În afară de creșterea siguranței în funcționare, acestea vor conduce și la micșorarea consumului de combustibil, care se apreciază de ordinul 12—15 kcal/kWh.

Astfel, în cursul acestui an, pe baza studiilor ISPE și IPA, va intra în funcțiune la CTE Luduș un singur calculator Elliott, tip ARCH-1 000, care va prelua o parte din funcțiile de informare de la cele patru grupuri de 100 MW și de la cele două grupuri de 200 MW. Acest calculator, în afară de măsurarea și înregistrarea automată a unui număr de mărimi de exploatare la cele șase agregate, efectuează și calcularea și înregistrarea performanțelor acestora, ca randamente, consumuri specifice, pierderi etc.

Tot la propunerea ISPE, în 1968 vor intra în funcțiune la CET Craiova două calculatoare electronice tip PSP-100, fabricație Schneider-Westinghouse, cîte unul pe fiecare grup de 315 MW.

Aceste calculatoare sînt prevăzute pentru măsurarea, înregistrarea și afișarea numerică a datelor principale din instalație, semnalizarea și înregistrarea depășirilor, calcularea și înregistrarea performanțelor tehnico-economice ale blocului, analiza ,,post-mortem'' a avariilor.

Pentru celelalte grupuri mari, care se vor instala în viitor, rămîne ca o hotărîre, în introducerea calculatoarelor electronice, capacitatea acestora, ca și funcțiile și eventual preluarea și de funcții de optimizare și comandă, să se ia în anii următori, pe baza rezultatelor în exploatare a celor trei calculatoare instalate în centralele Craiova și Luduș, a instalațiilor similare din străinătate și a posibilității utilizării calculatoarelor care vor fi asimilate în țară.

Cazane de apă fierbinte

Automatizarea cazanelor de apă fierbinte de 50 și 100 Gcal/h s-a proiectat în țară și se realizează cu aparatură FEA, fabricată în țară și completată cu aparatură din import.

Din cauza cerințelor fabricii și mai ales a prețurilor ridicate ale aparaturii, investițiile în instalațiile de automatizare a cazanelor de apă fierbinte ajung la valori foarte mari.

Urmează ca în viitor, pe baza experienței de exploatare, să se poată conchide asupra posibilităților de simplificare a schemelor, eventual chiar de renunțare la reglarea automată, ceea ce ar putea conduce la micșorarea investiției în automatizarea acestora.

Cabluri de circuite secundare

Nivelul ridicat de automatizare impune un volum foarte mare de cabluri de circuite secundare, ajungîndu-se la un bloc de 200 MW pe păcură la circa 210 km de cabluri.

Trasarea acestui volum mare de cabluri, siguranța deosebită pe care trebuie să o prezinte, ca și pericolul de degradare la temperaturi ridicate și pericolul de incendiu la cablurile cu strat de bitum au condus, în urma experienței la centralele din țară, la soluții mult îmbunătățite.

În afară de alegerea unor trasee corespunzătoare, care să evite zonele periculoase, se adoptă pentru centralele în curs de proiectare aproape în exclusivitate cabluri cu înveliș de PCV.

Pentru zonele cu temperaturi înalte, se întrevede utilizarea de cabluri rezistente la temperatură.

Laboratoare de automatizare

Nivelul ridicat de automatizare, care conduce la instalarea a mii de aparate de măsură şi automatizare, impune asigurarea unui laborator de automatizare bine dotat, care să permită verificarea, întreţinerea şi repararea întregului fond de automatizare al centralei.

În acest scop s-au prevăzut, pentru fiecare centrală, spaţiile pentru laboratoare cu dotaţiile corespunzătoare. Ca soluţie, s-a mers ca la fiecare centrală mare să se prevadă cîte un laborator dotat corespunzător cu aparataj şi personal.

Pentru centralele viitoare, este de luat în considerare renunţarea la laboratoare de automatizare complet echipate şi efectuarea reparaţiilor şi verificărilor la un laborator care să deservească mai multe centrale.

Concluzii

Centralele termoelectrice instalate în ţară sînt dotate cu un grad de automatizare la nivelul tehnicii actuale.

Automatizarea centralelor termoelectrice din ţară s-a dezvoltat în paralel cu echipamentul tehnologic, ajungîndu-se la soluţii moderne de automatizare, atît pe verticală cît şi pe orizontală.

Pe baza rezultatelor obţinute s-a renunţat la regulatoarele de tip electromecanic, hidraulic şi pneumatic şi s-a trecut la regulatoarele electronice, la început cu lămpi electronice, iar în ultimii ani complet tranzistorizate. În prezent, circa 90 % din regulatoarele instalate în centralele termoelectrice din ţară sînt de tip electronic.

Elementele de execuţie sînt în majoritate electrice, reprezentînd 93,7 % din totalul elementelor instalate în centralele termoelectrice.

În scopul de a se utiliza într-o măsură cît mai mare aparatură de automatizare fabricată în ţară, apare necesar ca aceasta să fie completată cu aparatură specializată mai simplă, cu nivelmetre, debitmetre etc., şi să se asimileze fabricaţia în ţară de elemente de execuţie şi relee cu caracteristici superioare.

Introducerea schemelor cu elemente cu comutaţie statică, în loc de relee, este condiţionată de realizarea unor module cu siguranţă mare de funcţionare, la un cost coborît, pentru a putea fi justificate din punct de vedere tehnic şi economic.

În funcţie de rezultatele care se vor obţine în exploatare cu cele trei calculatoare instalate în ţară, la Luduş şi Craiova, şi ţinînd seamă de experienţa în cazuri similare în străinătate, se vor fixa funcţiile şi capacitatea calculatoarelor care se vor monta în viitor în ţară la grupurile de puteri mari, începînd de la 200 MW.

Bibliografie

[1] * * * *Situaţia automatizării termice din centralele electrice ale Ministerului Energiei Electrice şi directivele dezvoltării în viitor.* Referat al Direcţiei generale a producţiei şi transportului energiei electrice, Bucureşti, martie 1968.

(Articol intrat în redacţie la 3 iunie 1968)

o

Utilizarea conceptelor figurative în analiza automată a comportării sistemelor electroenergetice

Dr. ing. P. Dimo, membru corespondent al Academiei R.S.R.
şi ing. H. Cristea*)

1. O nouă evoluţie în studiile asociate calculatorului numeric. Dezvoltarea dispozitivelor periferice

Semnalăm evoluţia recentă în organizarea calculului cu ajutorul calculatoarelor numerice, prin dezvoltarea dispozitivelor periferice, care permite atît o introducere comodă a datelor, adaptată naturii cercetării, cît şi obţinerea rezultatelor sub o formă convenabilă perceperii operatorului. Astfel, se pot obţine curbe reprezentative pentru variaţia unei mărimi, figuri geometrice reprezentînd sisteme fizice, sau semnificative pentru anumite stări etc. Astăzi este deci posibil un raţionament direct pentru cercetător, folosind conceptele figurative obţinute de la calculatoare sub forma cea mai comodă cercetării întreprinse (curbe, desene şi chiar figuri dinamizate). Dialogul cercetător — calculator a intrat astfel într-o nouă evoluţie.

2. Mecanizarea obţinerii celor două concepte figurative ale analizei nodale

Reamintim cele două concepte figurative fundamentale ale analizei nodale [1], [2]:

Primul concept, *SCHEMA REI* (radială echivalentă independentă), este o schemă cu topologie radială standardizată, care poate fi obţinută prin calcul pentru orice nod al sistemului. Această schemă este de fapt extrasă dintr-o schemă generală a sistemului, asupra căreia s-au operat anumite transformări prin eliminări de noduri.

---

*) Paul Dimo este şef laborator la Institutul de energetică al Academiei R.S. România ; Haralambie Cristea este cercetător principal la acelaşi institut.

Al doilea concept, *IMAGINEA NODALĂ*, este o diagramă standardizată, care reprezintă starea sistemului văzută dintr-un nod (nodul pentru care s-a extras schema REI).

Utilizarea acestor două concepte figurative, care pot fi asociate generalizat oricărui studiu de sistem, cît ar fi el de complex, pun cercetătorul în situaţia simplă de a cerceta un caz elementar (al unei scheme radiale) cu ajutorul unei diagrame standardizate (imaginea nodală). Diagrama standardizată, odată asimilată de cercetător, dă, prin simpla ei inspecţie, bogate informaţii cercetătorului asupra stării sistemului şi posibilităţilor lui de evoluţie.

Pentru o uşurare într-o măsură cît mai mare a muncii cercetătorului, s-a încercat mai departe mecanizarea obţinerii celor două concepte figurative. Astfel s-a obţinut un prim certificat de autor pentru ANALIZORUL GRAFIC (patent nr. 43858, 3.X.1966, R.S.România).

Acest aparat a avut avantajul, în trecut, de a uşura introducerea metodei analizei nodale prin obţinerea mecanizată a imaginii nodale şi prin posibilitatea dinamizării acestei imagini corespunzător evoluţiilor cercetate ale sistemului reprezentat. O execuţie îngrijită a aparatului îi păstrează şi azi actualitatea în probleme de şcolarizare a specialiştilor şi chiar în studii calitative ale sistemului. Într-adevăr, asociat unui calculator numeric, analizorul grafic poate reţine anumite ,,imagini'' date de calculator, cu ajutorul cărora se stabilesc apoi caracteristicile sistemului văzute din nodul reprezentat. Se pot astfel asocia raţionamente directe simple, fără calcul, uşurînd esenţial munca cercetătorului.

Beneficiul cel mare însă s-ar putea trage dacă cele două concepte figurative sînt obţinute direct de la calculatorul numeric pe ecrane, atît pentru diverse regimuri staţionare ale sistemului, cît şi pentru stările lui dinamice, evolutive, în anumite situaţii. În vederea obţinerii directe a celor două concepte figurative, s-a înregistrat un nou certificat de autor românesc [4] denumit : ,,Instalaţie pentru analiza automată a funcţionării sistemului electroenergetic'' (brevet nr. 50537, 12 noiembrie 1966). Instalaţia propusă (fig. 1) se compune, în principiu, din următoarele părţi (pentru detalii, vezi certificat de autor [4]) :

1. Calculatorul electronic în care sînt introduse datele fie direct (din sistemul energetic), fie pe cale uzuală.

2. Calculatorul, executînd programele de calcul, trimite instalaţiei de vizualizare datele necesare construcţiei schemelor REI şi imaginilor nodale. Această instalaţie are o memorie intermediară în care sînt înregistrate datele, pentru a fi redate apoi cu viteza necesară a vizualizării pe ecrane. Astfel pot fi obţinute direct atît schemele REI, cît şi imaginile nodale pentru orice nod real al sistemului, ca şi pentru un nod fictiv construit în scopul unui anumit studiu (de exemplu nodul fictiv al sarcinii unice).

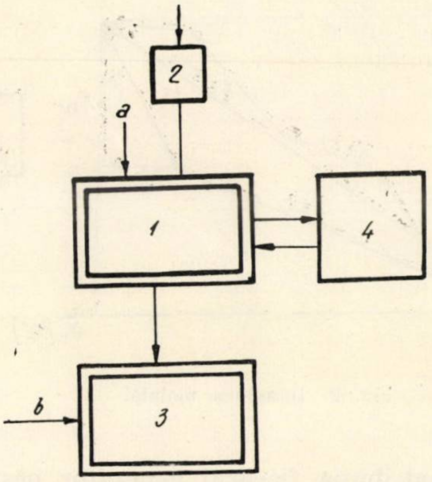


Fig. 1. Schema-bloc funcţională :
1 – calculator electronic ; *2* – dispozitiv de adaptare pentru introducerea informaţiilor ; *3* – dispozitiv de vizualizare ; *4* – memorie exterioară.

3. Programarea pe elemente dinamice a imaginii nodale

Schema REI oferă primele informaţii privitoare la influenţa fiecărui generator în parte asupra nodului în studiu. Un generator depărtat electric de nodul studiat va apărea în schema REI în spatele unei admitanţe de transfer foarte mici, respectiv în imaginea nodală, printr-un fazor mic în comparaţie cu alte generatoare mai apropiate electric.

Una dintre concluziile importante, inspectînd schema REI, o constituie determinarea pe cale intuitivă a nodurilor generatoare necesare spre a fi păstrate în schema REI finală şi eventual gruparea lor.

Imaginile nodale sînt o reprezentare a suprapunerii efectelor pentru un regim dat ; ele arată fenomenele fizice din sistemul respectiv şi efectele sistemului asupra nodului în studiu pentru care s-a întocmit schema REI şi imaginea nodală. Expresia analitică a imaginii nodale are forma :

$$\underline{I}_n = - \underline{Y}_{nn} \underline{E}_n + \Sigma \underline{Y}_{ni} \underline{E}_i$$

Curentul $\underline{I}_n$, din nodul analizat, reprezintă o sumă de fazori de tipul $\underline{Y}_{ni}$ $\underline{E}_i$, fazori reprezentînd contribuţia fiecărui generator păstrat în schema REI la curentul de scurtcircuit în nod, şi termenul $- \underline{Y}_{nn}$ $\underline{E}_n$, denumit curent de scurtcircuit ,,în gol''. Reprezentîndu-se grafic, într-un sistem de axe proprii fiecărui nod studiat, curentul $\underline{I}_n$ apare ca o înlănţuire de fazori şi formează imaginea nodală (fig. 2) ale cărei elemente dau intuitiv informaţii bogate asupra structurii şi comportării sistemului electroenergetic în diferite regimuri de funcţionare. Prin utilizarea unor dispozitive periferice ataşate calculatoarelor electronice numerice se poate vizualiza direct imaginea nodală.

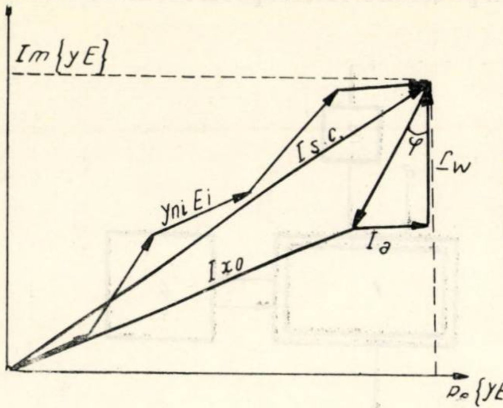


Fig. 2. Imaginea nodală.

În conformitate cu relaţiile matematice deduse pentru reprezentarea fazorului $\underline{Y}_{ni}$ $\underline{E}_i$, ca variabilă complexă dat prin componentele sale I'_{ci} şi I''_{ci} în figura 3 se dă una dintre variantele schemei logice care ar putea fi modelată pentru programarea vizualizării imaginii nodale.

Schema logică de programare este concepută astfel ca să asigure următoarele principale operaţii :

a) aducerea instalaţiei în poziţie iniţială ;

b) citirea succesivă a valorilor componentelor fazorilor după intervalul de timp Δt, în vederea înlănţuirii secvenţelor ;

c) oprirea instalaţiei după reprezentarea numărului de fazori dinainte stabilit ;

d) ciclarea automată a reprezentării lanţului de fazori.

Componentele fazorilor I'_{ci}, I''_{ci} sînt depuse în memorie într-o ordine dinainte programată.

4. Posibilităţi existente în R. S. România de realizare a instalaţiei pentru vizualizarea imaginii nodale

Realizarea instalaţiei arătate mai sus comportă dispozitive electronice specializate, existenţa unor calculatoare numerice care să permită cuplarea dispozitivelor periferice în acest scop şi un înalt nivel de tehnicitate pentru realizarea elementelor componente ale unor dispozitive periferice pentru vizualizarea conceptelor figurative sau adaptarea unora care au utilizare universală. Astfel de dispozitive nu se confecţionează încă în ţară şi sînt destul de costisitoare.

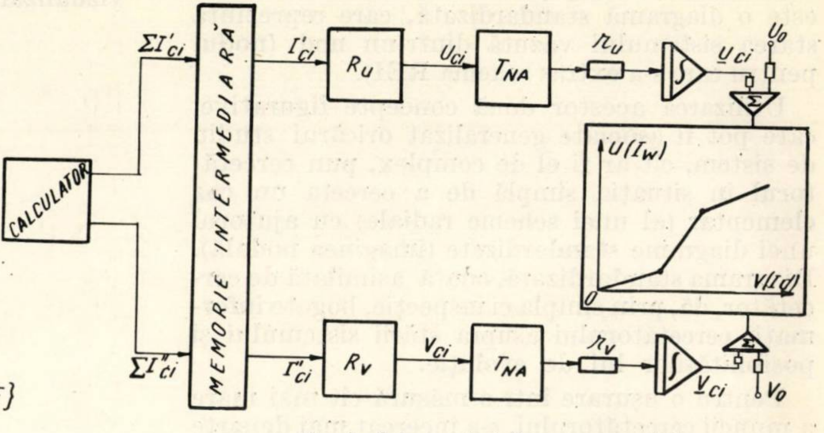


Fig. 3. Schema logică a programării :
R_u, R_v – registre de coordonate; T_{NA} – traductor cod-analog; U_0, V_0 – coordonatele originii.

În conformitate cu considerentele expuse, la Institutul de energetică al Academiei R.S. România, în scopul arătat mai sus, se studiază posibilităţile realizării instalaţiei într-o variantă redusă, cu mijloace existente.

În prima etapă s-a încercat modelarea elementelor instalaţiilor cu dispozitive periferice specializate şi elemente de calcul analogic (fig. 4).

S-a utilizat ca dispozitiv de vizualizare un înregistrator X, Y (Luxytrace), iar schema este concepută cu ciclare automată pentru a asigura persistenţa imaginii în cazul utilizării unui tub cinescop. Primele încercări de obţinere a imaginii nodale cu ajutorul modelului conceput au dat rezultate bune. Astfel, imaginile obţinute de la înregistratorul X, Y sînt conforme cu ceea ce s-a programat iniţial (fig. 5 şi 6), ceea ce confirmă rezolvarea cîtorva probleme importante în obţinerea imaginii nodale, şi anume :

a) obţinerea semnalelor analogice proporţionale cu valorile numerice ale componentelor fazorilor YE ;

b) marcarea clară a punctelor de frîngere a lanţului de fazori şi determinarea elementelor care influenţează claritatea acestor puncte de frîngere ;

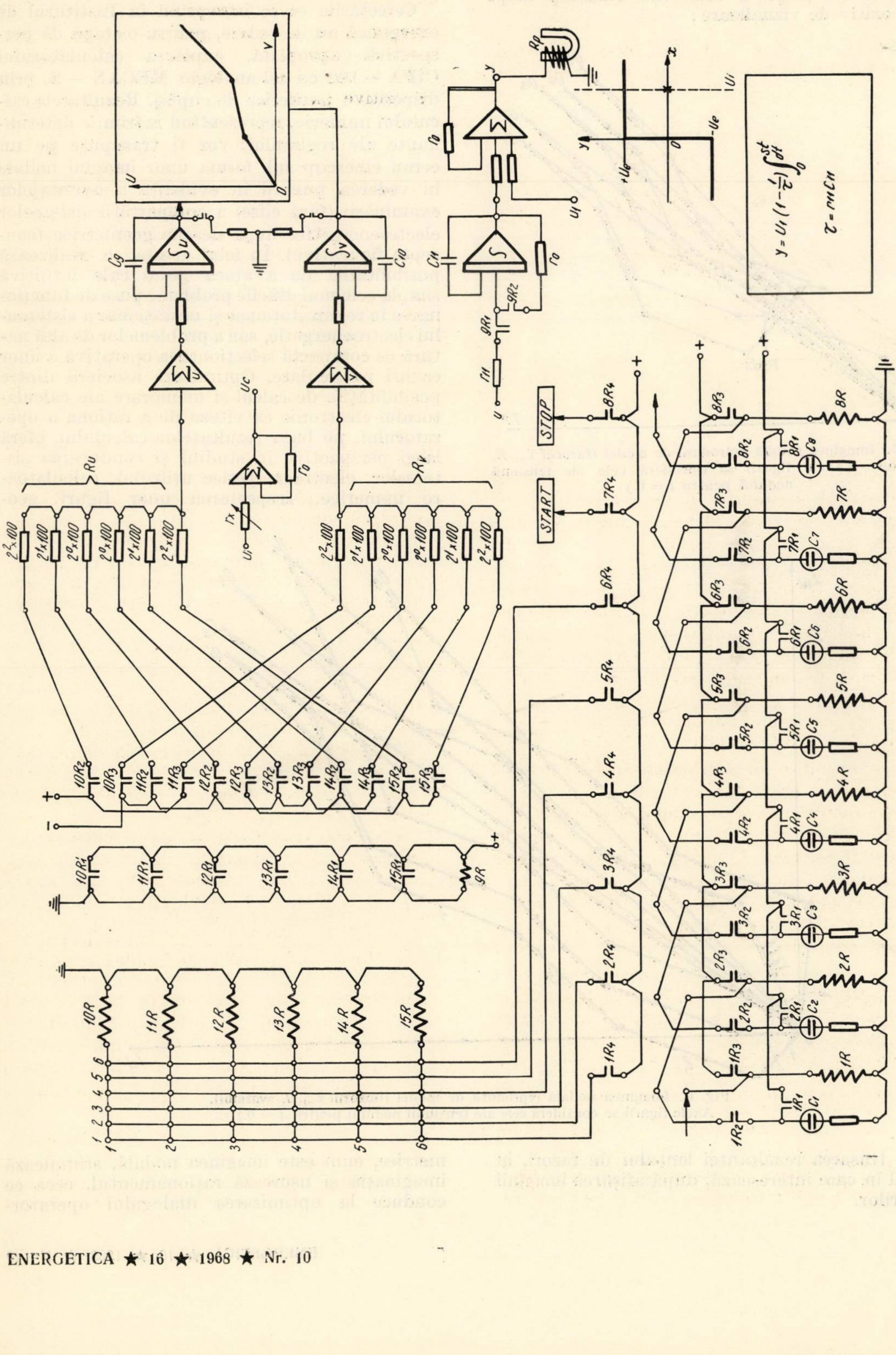

STOP
START
Ru
Rv
Ui
Ue
Uc
rx
ra
RR
τ = r11C11
1R
2R
3R
4R
5R
6R
7R
8R
10R
11R
12R
13R
14R
15R
C1
C2
C3
C4
C5
C6
C7
C8
C9
C10
C11

Fig. 4. Schema modelului realizat de ing. H. Cristea, în Institutul de energetică al Academiei R.S. România.

c) ciclarea automată în scopul obţinerii unei imagini persistente pentru cazul utilizării în următoarea etapă a unui tub cinescop drept dispozitiv de vizualizare;

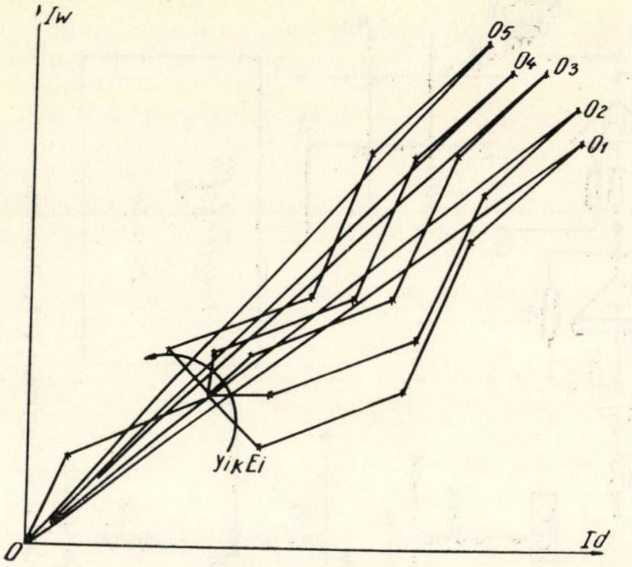


Fig. 5. Imaginea nodală reprodusă de model (fazorul Y_{ni} E_i variabil). (Axele figurii se consideră cele ale tensiunii nodului pentru $t = 0$.)

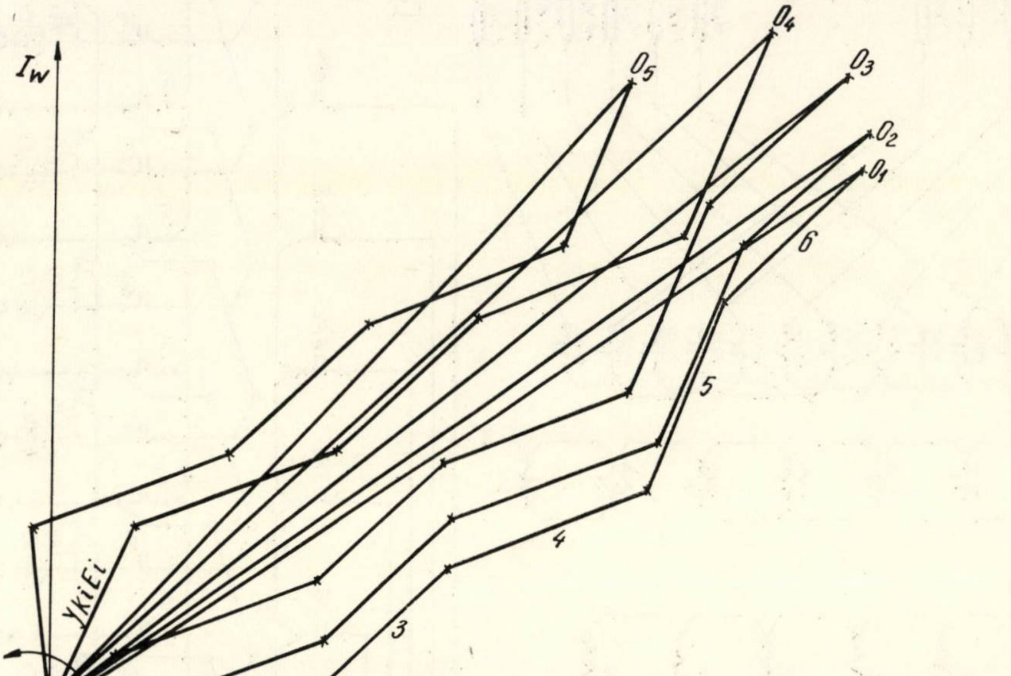


Fig. 6. Imaginea nodală reprodusă de model (fazorul Y_{ni} E_i variabil). Axele figurii se consideră cele ale tensiunii nodului pentru $t = 0$.)

d) trasarea rezultantei lanţului de fazori, în cazul în care interesează, după afişarea imaginii fazorilor.

5. Cercetări de perspectivă în automatizarea analizei comportării sistemelor electroenergetice

Cercetările ce se întreprind în Institutul de energetică au în vedere, pentru o etapă de perspectivă apropiată, cuplarea calculatorului CIFA — 102 cu cel analogic MECAN — 2, prin dispozitive periferice de cuplaj. Rezultatele calculului numeric, reprezentînd mărimile determinante ale regimului, vor fi transpuse pe un ecran cinescop sub forma unor imagini nodale în vederea punerii în evidenţă a avantajelor examinării (fără cifre) a comportării sistemelor electroenergetice după desene geometrice (concepte figurative). În felul acesta se realizează posibilitatea de a ataca pe o cale intuitivă simplă cele mai dificile probleme puse de funcţionarea în regim staţionar şi nestaţionar a sistemului electroenergetic, sau a problemelor de altă natură ce comportă selecţionarea operativă a unor cazuri particulare. Optimizara asocierii dintre posibilităţile de calcul şi memorare ale calculatorului electronic cu viteza de a raţiona a operatorului, pe baza rezultatelor calculului, oferă largi perspective în studiul şi conducerea sistemelor electroenergetice utilizînd calculatoare numerice. Inspectarea unor figuri geometrice, cum este imaginea nodală, stimulează imaginaţia şi uşurează raţionamentul, ceea ce conduce la optimizarea dialogului operatorcalculator. De aceea, pentru sistemele electroenergetice, deducerea unor astfel de concepte, cum sînt schema REI și imaginea nodală cu vizualizarea lor, par a conduce la o asociere optimă dintre posibilitățile calculatorului (memorie și viteză de calcul) și cele ale operatorului de raționament și interpretare.

O încercare interesantă ar fi de efectuat, prin reprezentarea nodurilor foarte importante, chiar în sistemul electroenergetic național, acolo unde există mijloace de calcul electronic, cum sînt, de exemplu, nodurile puternice de producere și interconexiune Luduș, Craiova, dotate cu calculatoare electronice pe grupuri. Afișarea permanentă a imaginii nodului reprezentînd sistemul văzut din acest nod și fazorii corespunzători grupurilor conectate în nodul respectiv ar permite orientarea rapidă, în fiecare stare, a comportării centralei ca element în ansamblul sistemului electroenergetic și a sensului în care trebuie luate măsuri de îmbunătățire, dacă este cazul. Fazorii exteriori nodului pot fi comunicați de către dispecer, aceștia putînd fi înlocuiți și cu un singur fazor echivalent al sistemului văzut din nodul respectiv. Imaginea nodală ar putea astfel înlocui cu completări bogate mijloacele curente de caracterizare a comportării grupului, cum ar fi :

a) mișcarea rotorului (urmărirea unghiului) ;

b) caracterizarea stabilității statice a funcționării grupului (rezerva funcționării stabile) ;

c) simulări de defecte și urmărirea pe imaginea nodală a regimurilor dinamice respective ;

d) judecarea situației pentru elaborarea măsurilor optime în vederea prevenirii defectelor (a prevenirii pendulărilor generatorului, de exemplu) ;

e) ponderea cu care generatorul respectiv afectează variațiile parametrilor generali ai sistemului electroenergetic etc., sau influența sa asupra unor noduri din sistem (ce se rețin în schema echivalentă).

Calea indicată aici permite, în primul rînd pentru cercetător, o înțelegere directă, simplă și intuitivă a celor mai complexe situații ce apar în sistemele electroenergetice.

Cercetătorul nu mai are numeroase cifre de examinat sau de comparat, nu mai are multiple cazuri de cercetare a evoluției valorilor mărimilor variabile. Numărul cazurilor de examinat, azi extrem de mare, în cazul unei analize de detaliu a unui sistem modern, se poate reduce la cîteva cazuri simple, selecționate cu ajutorul imaginilor nodale dinamizate direct de calculator la comanda operatorului și predate pe ecrane.

În dialogul om-mașină, cercetătorul capătă o poziție ușoară, deoarece redevine stăpîn pe un raționament simplu, intuitiv și eficace, cu ajutorul căruia poate conduce ușor calculele executate de calculator.

Lucrarea constituie o scurtă sinteză a cercetărilor care se efectuează în Institutul de energetică al Academiei R.S.România.

Bibliografie

[1] Dimo, P. *Simplification of methodic problems through the introduction of a new. The standard radial equivalent circuit (REI) and its image*. Conference CIGRE, Paris, 1964, Rapport 318.

[2] Dimo, P. *Les deux concepts figuratifs de l'analyse nodale des réseaux d'énergie*. Rev. Gen. d'Electricité nr. 1, 1967.

[3] Dimo, P. *The Graphic Analyser*. Conference CIGRE. Paris, 1958, Rapport 302.

[4] Patente Paul Dimo : U.S.A. patent nr. 3 — 116558/7.01. 1964 ; Marea Britanie — patent nr. 868815/3/6/1958 ; R. S. România, 50537/29 aprilie 1966 etc., etc. R. S. România, patent Paul Dimo și Petre Dimo, nr. 48498 din 29 aprilie 1966 (Instalație destinată analizei automate a comportării unui sistem electromagnetic).

[5] Cristea, H. *Posibilități de obținere automată a imaginilor nodale cu calculatoare electronice*. Studii și cercetări de energetică și electrotehnică nr. 3, 1968.

(Articol intrat în redacție la 20 mai 1968)

———o———

Unele rezultate ale cercetărilor privind nivelul supratensiunilor de comutație în rețelele de înaltă tensiune din R.S.România

Ing. Al. Ionescu, ing. B. Popa, ing. A. Bensimon, ing. A. Bratu,
ing. R. Goldenberg și dr. ing. A. Cristovici *)

1. Generalități

În rețelele de înaltă și foarte înaltă tensiune, unul dintre factorii determinanți în alegerea nivelului de izolație și a schemelor de funcționare este valoarea supratensiunilor de comutație. Din acest motiv, una dintre preocupările principale ale IRME și ISPE a fost stabilirea valorilor maxime ale supratensiunilor de comutație, a căror apariție poate pune în pericol siguranța de funcționare a rețelelor de 110, 220 și 400 kV din țara noastră.

Complexitatea și caracterul aleatoriu al fenomenelor care au loc la diferite regimuri de comutație nu au permis încă, nici pe plan mondial, să se pună la punct o metodă analitică de predeterminare precisă a supratensiunilor de comutație, care pot apărea în diverse configurații.

Dacă din punct de vedere calitativ metodele analitice permit selectarea cazurilor mai periculoase, din punct de vedere cantitativ (adică al stabilirii cu o oarecare precizie a valorii supratensiunilor) toate metodele analitice de calcul se bazează în ultimă instanță pe o etalonare a calculelor prin probe în rețea, efectuate direct în sistem.

Avantajul metodelor analitice de predeterminare a supratensiunilor de comutație, și anume costuri reduse, operativitate în executarea calculelor și independența față de instalațiile în funcțiune au stimulat eforturile pentru perfecționarea acestor metode. Le aceasta au contribuit în foarte mare măsură și realizările de calculatoare din ce în ce mai perfecționate.

Din aceste motive, în sectorul energetic, cercetările privind supratensiunile de comutație au fost orientate atît în direcția punerii la punct a metodelor de măsurare directă a supratensiunilor prin probe în rețea și prin măsurări permanente, cît și în direcția punerii la punct a unei metode analitice de predeterminare a supratensiunilor de comutație.

Astfel, încă din anul 1962, IRME a efectuat probe directe în sistem cu diverse tipuri de întreruptoare, în puncte diferite din rețelele de 110 kV, 220 kV și 400 kV, pentru diverse regimuri de comutație. Rezultatele detaliate ale acestor probe au fost expuse cu ocazia lucrărilor anterioare [1], [2].

În cele ce urmează se face o sinteză a rezultatelor obținute, precum și o comparație a modului de comportare a întreruptoarelor de 110 și 220 kV cu care au fost echipate majoritatea stațiilor din țară.

Efectuarea de probe directe în rețea este desigur, pînă în prezent, metoda cea mai precisă de determinare a valorilor supratensiunilor de comutație, dar prezintă și următoarele inconveniente :

— costul ridicat al probelor ;

— riscul apariției de avarii în timpul probelor, și chiar de deteriorare de utilaje ;

— modificări în schemele normale de funcționare a stațiilor ;

— caracterul aleatoriu al fenomenelor impune efectuarea unui număr foarte mare de probe, ceea ce este foarte greu de realizat din cauza imposibilității de a scoate din exploatare instalațiile pentru o durată de timp mai mare.

Studiile pentru stabilirea unor metode de calcul analitic al supratensiunilor au fost efectuate începînd din anul 1965 de către ISPE, întocmindu-se programe de calcul atît pe calculatoare cifrice (Elliott 803 și Elliott 4120) cît și pe calculatoare analogice (MEDA 40).

Ca primă problemă în aceste studii a fost stabilirea modelului matematic (algoritm) al rețelei. Trebuie menționăm că modelul matematic adoptat necesită cunoașterea cu precizie a caracteristicilor fiecărui element de rețea, ceea ce nu este totodeauna posibil (caracteristicile întreruptorului din punctul de vedere al restabilirii rigidității dielectrice, caracteristica de magnetizare a transformatoarelor etc.).

Studiile efectuate pînă în prezent, folosind unele caracteristici aproximative pentru elementele de rețea, au arătat că, din punctul de vedere al frecvenței oscilațiilor, există o bună concordanță între rezultatele obținute prin calcule și cele obținute din probe.

Din punctul de vedere al valorilor maxime ale supratensiunii se constată că rezultatele obținute din calcul sînt în general mai mari decît cele din probe, ceea ce impune reconsiderarea factorilor care atenuează supratensiunile.

De asemenea, în studiile făcute s-a urmărit comparația calculelor efectuate pe scheme echivalente monofazate cu rezultatele probelor în sistem.

Avantajul schemelor monofazate este durata redusă a calculului. Ele sînt aplicate cu succes la comutațiile care pot fi reduse la o comutație monofazată sau simetrică.

---

*) Alexandru Ionescu, Badea Popa, Ana Bensimon, Andrei Bratu și Ralian Goldenberg sînt ingineri la IRME ; A. Cristovici este inginer la ISPE.

Pentru analiza supratensiunilor în cazul comutaţiilor în regim nesimetric sau al scurtcircuitelor nesimetrice, este necesară utilizarea schemelor de calcul trifazate.

Folosirea în viitor a calculelor analitice înaintea probelor directe în reţea va permite o selecţie prealabilă a schemelor periculoase, pentru reducerea volumului de probe, acestea din urmă fiind considerate în ultimă instanţă ca o etalonare a calculelor.

Tabela 1

Supratensiuni la comutarea în gol a liniilor de 220 kV

Întreruptorul	Staţia	Lungimea liniei, km	Curentul capacitiv, A	Comutaţia **)	Nr. de comutaţii înregistr.	K_1	K_2	K_3
VV-220 kV 7000 MVA	Luduş	400	200	*A*	7	1,59	1,25	1,35
— R.S.C.	Luduş	400	200	*D*	11	1,6	2,6	1,65
	Luduş	254	127	*A*	5*	1,3	1,3	—
	Luduş	254	127	*D*	5*	1,1	3,1	—
PP 97 M 10000 MVA		139	56	*A*	5	1,32	1,74	—
MERLIN GERIN	Işalniţa	139	56	*D*	5	1	1	—
OR-4 M 12000 MVA	Bucureşti-	232	120	*A*	5	1,34	1,28	1,78
DELLE	Sud	232	120	*D*	2	1	1	1,2
VVN-220 10000 MVA	Borzeşti	145	25	*A*	7	1,4	1,46	1,5
U.R.S.S.		145	25	*D*	5	1,68	1	2

*) Înregistrări efectuate numai cu oscilografe cu bucle.
**) *A* — anclanşare ; *D* — deconectare.

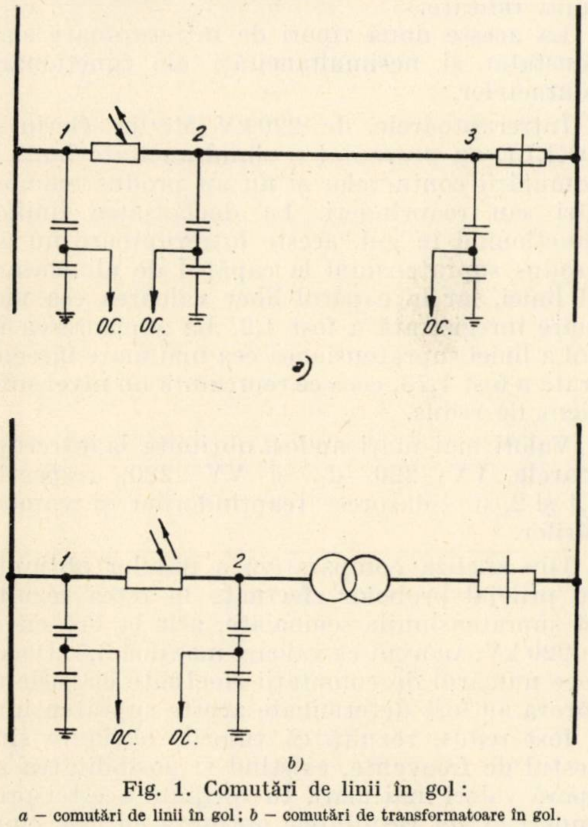


Fig. 1. Comutări de linii în gol :
a — comutări de linii în gol ; *b* — comutări de transformatoare în gol.

Încercările executate în ultimii şase ani în reţelele de 110 şi 220 kV pentru determinarea supratensiunilor de comutaţie au urmărit să aprecieze nivelul supratensiunilor din reţele, deci solicitările la care este supusă izolaţia şi performanţele necesare pentru aparatajul de comutaţie.

Pentru executarea măsurătorilor s-au utilizat mijloacele descrise în lucrări anterioare [1], [2]; divizoare de tensiune capacitive şi ohmice-capacitive, comutator-program, oscilografe catodice cu baleiaj mecanic. Schemele de principiu pentru executarea măsurătorilor sînt prezentate în figurile 1*a* şi 1*b*.

Rezultatele probelor efectuate sînt prezentate în tabelele 1, 2 şi 3.

Tabela 2

Supratensiuni la deconectarea în gol a liniilor de 110 kV

Întreruptorul	Staţia	Lungimea liniei, km	P_{sc} la barele staţiei de alimentare, MVA	Numărul de comutaţii	K_1	K_2	K_3
IUP-110	Focşani	70	110	4	1,35	1,85	—
R.S.R.		140	110	7	1,44	2,25	3,06
		70	520	4	1,37	2,2	—
IUP-110	Braşov	126	900	23	1,44	2,63	2,74
R.S.R.		252	650	15	1,39	2,93	2,4
MKP-110	Braşov	126	900	5	1	1	—
U.R.S.S.		252	650	5	1	1	—
VEZL-110	Floreşti	38	1 000	11	1,69	1,69	—
R.S.C.							

Unele din valorile supratensiunilor înregistrate au fost comentate în lucrări anterioare [1], [2], [3]. Cele ce urmează se vor referi în special la problele executate recent şi se vor analiza apoi rezultatele obţinute la toate probele efectuate.

Probele executate cu întreruptoarele PP — 97 — M, VV — 220 — d_{11}, OR — 4 — M şi VVN — 220 (tabela 1) au scos în evidenţă funcţionarea în

Tabela

Supratensiuni la comutare de transformatoare în gol

Întreruptorul	Staţia	Transformator	Starea neutrului *)	Comutaţia	Nr. comutaţii	K_1	K_2
IUP 110 m R.S.R.	Braşov	16 MVA 110/16 kV	l.p.	*D*	5	1	1,3
IUP 110 m R.S.R.	,,	16 MVA 110/16 kV	iz.	*D*	12	1	3,3
MKP 110 U.R.S.S.	,,	16 MVA 110/16 kV	l.p.	*D*	3	1	1,58
MKP 110 U.R.S.S.	,,	16 MVA 110/16 kV	iz.	*D*	3	1	2,11
OR 2 M DELLE	Valea Largă	16 MVA 110/27,5 kV	—	*A*	3	—	1,6
OR 2M DELLE	,,	16 MVA 110/27,5 kV	—	*D*	3	—	1,6
VV 220 d_{11} R.S.C.	Luduş	400 MVA 400/231 kV	l.p.	*A*	2	1	1
VV-220 d_{11} R.S.C.	,,	400 MVA 400/231 kV	l.p.	*D*	2	1	1,3
OR-4M DELLE	Bucureşti-Sud	200 MVA 220/110 kV	l.p.	*A*	5	—	1,1
OR-4M DELLE	,,	200 MVA 220/110 kV	l.p.	*D*	5	—	1,1

*) l.p. – legat la pămînt ; iz. – izo'at.

condiţii foarte bune a întreruptoarelor PP—97—M — Merlin Gerin şi OR—4M—DELLE şi apariţia de reaprinderi sau reamorsări la întreruptoarele VVN — 220 şi VV—220 — d_{11} la comutarea curenţilor capacitivi.

Dacă reaprinderile semnalate la întreruptorul VV—220—d_{11} la deconectarea liniei de 400 km — construită pentru 400 kV, dar exploatată temporar la 220 kV — reprezintă condiţii grele de funcţionrre a întreruptorului, nu se poate spune acelaşi lucru despre deconectarea unui sistem de bare funcţionînd în gol, din staţia 220 kV Işalniţa, unde de asemenea au apărut reaprinderi pe toate trei fazele (fig.2).

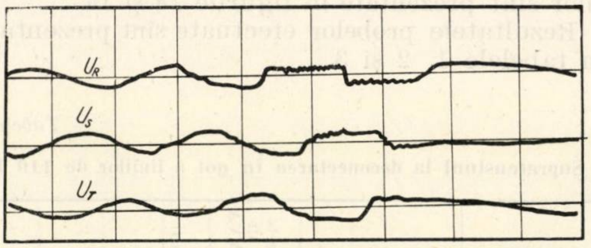


Fig. 2. Deconectarea unui sistem de bare funcţionînd în gol în staţia Işalniţa 220 kV cu întreruptorul VV-220 d_{11}.

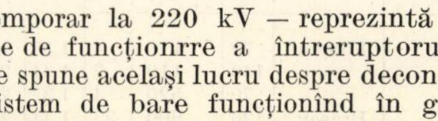


Fig. 3. Tensiunile la capătul liber al liniei în staţia Fileşti.

Întreruptorul VVN—220 din Borzeşti a produs la deconectarea în gol a liniei Borzeşti — Galaţi, la un număr de cinci comutări înregistrate, două reaprinderi, dintre care una însoţită de o supratensiune cu valoarea 2 la capătul liber al liniei (fig.3).

Această apariţie frecventă a reaprinderilor permite să se aprecieze că ele reprezintă un fenomen curent în funcţionarea întreruptorului la comutarea în gol a liniei şi deci în aceeaşi măsură este posibilă şi apariţia unor supratensiuni ridicate.

La aceste două tipuri de întreruptoare s-au constatat şi nesimultaneităţi ale funcţionării contactelor.

Întreruptoarele de 220 kV Merlin Gerin şi DELLE au prezentat o simultaneitate bună a comutării contactelor şi nu au produs reamorsări sau reaprinderi. La declanşarea liniilor funcţionînd în gol, aceste întreruptoare nu au produs supratensiuni la capătul de alimentare al liniei, iar la capătul liber valoarea cea mai mare înregistrată a fost 1,2. La anclanşarea în gol a liniei supratensiunea cea mai mare înregistrată a fost 1,78, ceea ce reprezintă un nivel suficient de redus.

Valori mai mari au fost obţinute la întreruptoarele VV—220—d_{11} şi VV—220, respectiv 3,1 şi 2, şi se datoresc reaprinderilor şi reamorsărilor.

Din analiza comparativă a datelor obţinute cu prilejul probelor efectuate în reţea rezultă că supratensiunile semnalate, atît la 110 cît şi la 220 kV, au avut ca valoare maximă 3,3. Deoarece numărul de comutaţii efectuate cu prilejul cărora au fost determinate aceste supratensiuni a fost redus, rezultă că valorile obţinute sînt destul de frecvente, existînd şi posibilitatea să apară valori mai mari. În sprijinul acestei propuneri există rezultatele obţinute cu cele cinci contoare de supratensiuni pe nivele, instalate experimental în staţii importante de 220 kV, care chiar într-o perioadă de funcţionare permanentă de numai trei luni au semnalat supratensiuni care au depășit valoarea de 3,5. Se mai constată că, în genere, apariția supratensiunilor este rezultatul unei funcționări defectuoase a întreruptorului — cazul întreruptorului IUP, unde nesimultaneitatea comutării contactelor celor trei faze duce la supratensiuni de ordinul 3,3, în cazul comutării transformatoarelor în gol cu neutrul izolat. Întreruptoarele cu o funcționare foarte precisă a contactelor principale și auxiliare nu au produs supratensiuni ridicate. S-a mai constatat influența pozitivă a rezistențelor sau condensatoarelor în paralel cu camerele de stingere principale, care, în cazul unei funcționări precise a contactelor celor trei faze, au făcut să nu mai apară supratensiuni la decontarea liniilor în gol.

Probele au demonstrat, încă o dată, că în rețelele de înaltă tensiune este necesar ca aparatajul de comutație să fie ales astfel încît, pe lîngă asigurarea puterii de rupere, să execute în bune condiții și comutarea curenților capacitivi și inductivi mici. Aceasta ar conduce și la un nivel mai redus al supratensiunilor de comutație, ceea ce ar simplifica simțitor problemele de exploatare. În caz contrar — și acest lucru a fost dovedit de experiența de exploatare — chiar punerea sub tensiune a unei linii de înaltă tensiune sau a unui transformator poate provoca un deranjament sau o avarie în rețea. Se pot cita, astfel, cazurile de explozie a unor descărcătoare cu rezistență variabilă de pe neutrul izolat al unor transformatoare de 110 kV, unde supratensiunile sînt provocate de nesimultaneitatea funcționării contactelor întreruptorului de alimentare IUP — 110.

Un caz care urmează a fi studiat este fenomenul de amorsare a descărcătoarelor tubulare la capătul liber al unei linii de 110 kV, la conectarea liniei din celălalt capăt, fenomen care a produs în două cazuri pînă acum, prin extindere, deranjamente cu distrugeri de echipament și întreruperi la consumatori.

2. Calculul valorii supratensiunilor interne cu ajutorul calculatorului Elliott—4120

2.1. *Expunerea metodei de calcul*

În studiul de față s-au calculat regimurile tranzitorii ale tensiunii pe linii la comutații de conectare și deconectare a liniei în gol.

Pentru calculul fenomenului tranzitoriu în linii lungi (cu parametri distribuiți) s-a aplicat soluția lui D'Alembert, transpusă în calculul liniilor de L.W.Bewley. Aceasta folosește scrierea soluției generale a ecuațiilor liniei sub forma :

$$y\ (u) = f\ (x + vt) + f\ (x - vt),$$

ceea ce definește soluția compusă din suprapunerea undei directe și undei reflectate, în fiecare moment și în fiecare punct al liniei. Tensiunile se calculează prin metoda reflexiilor succesive, metodă care necesită numai operații aritmetrice simple, ca înmulțirea cu coeficienții de reflexie sau refracție, adunări și scăderi, reprezentînd compunerea și descompunerea undelor.

Pentru simplificarea problemei, s-a considerat sistemul simetric și liniile ideal transpuse : impedanța de undă și viteza de propagare s-au considerat liniare. Cele două aproximări făcute (neglijarea nesimetriei și a neliniarității liniei) dau, conform indicațiilor din literatură, erori de sens opus, care se compensează parțial, ceea ce îndreptățește ipotezele simplificatoare în efectuarea calculelor.

La calculul tensiunilor și curenților s-au folosit metoda și programul de calcul elaborate de ISPE (ing. A.Cristovici) pentru scheme monofazate, pe calculatorul numeric Elliott—4120.

Tensiunile în nodurile rețelei se calculează conform algoritmului propus de Dolghinov, după formula :

$$[u_i] = \Sigma\ [A_{ij}]\ [u_{ji}],$$

unde

u_i este tensiunea în nodul i ;
u_{ji} — unda de tensiune ce intră în nodul i dinspre nodul j ;
A_{ij} — coeficientul de refracție pentru undele ce converg în nodul i (pentru toate legăturile acestui nod).

Coeficienții de refracție sînt definiți sub formula :

$$[A_{ij}] = 2\ [\Sigma\, Y_{ij}]^{-1} \cdot [Y_{ij}],$$

unde Y_{ij} este admitanța legăturii dintre nodurile i și j.

Atenuările pe linie se consideră în calcul prin reducerea amplitudinii undei care circulă între două noduri, cu valoarea $e^{-\alpha l}$, unde α este coeficientul de atenuare al elementului de rețea și l lungimea tronsonului de linie parcurs. Pentru secvența directă, atenuarea se poate considera liniară.

Calculul supratensiunilor a fost executat pe scheme simplificate de două tipuri, pentru comparație :

— Schema de tip A, în care sînt reduse toate elementele sistemului energetic ce converg în nodul cu întreruptorul comutat, la o singură reactanță concentrată Z_s. Aceasta este reactanța de scurtcircuit a sistemului (fig. 4).

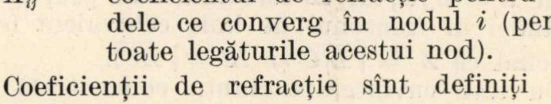


Fig. 4.

— Schema de tip B, în care se reprezintă și o altă linie lungă care intră în nodul cu întreruptor, precum și reactanța de scurtcircuit a sistemului la capătul acestei linii, Z_s'' (fig. 5).

În aceste scheme de calcul elementele reactive concentrate (Z_s) ale sistemului au fost înlocuite prin tronsoane de linie cu reactanțe distribuite, pentru a simplifica calculul propagării undelor în aceste elemente. Condiția care face admisibilă înlocuirea unui element de rețea cu constante concentrate printr-un tronson de linie este respectarea caracteristicii de frecvență și a constantei de timp a elementului înlocuit.

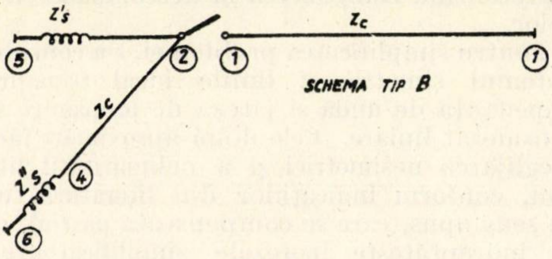


Fig. 5.

În cazul reactanței de scurtcircuit Z_s se substituie o linie avînd impendanța caracteristică :

$$Z_c = \frac{L}{\Delta t}$$

unde $L = Z_s/\omega$, iar Δt este durata de propagare a undei în tronsonul de linie echivalent (cunoscînd că $Z_c = \sqrt{L/C}$ și $\Delta t = \sqrt{LC}$).

Cu alte cuvinte, reactanța concentrată se substitue cu un tronson de linie avînd impedanța caracteristică Z_c și o lungime corespunzătoare duratei de propagare Δt. Pentru un calcul se alege Δt ca pas de calcul, rezultînd impedanța caracteristică Z_c.

În calculul efectuat, pasul de calcul Δt a fost ales de $33,3 \times 10^{-6}$ s, corespunzînd timpului de propagare în 10 km de linie de 220 kV.

Astfel, timpul de propagare al undei în linia București-Sud — Barboși, de lungime 230 km, este $\tau_{ij} = 23\ \Delta t$; timpul de propagare în linia Borzești — Filești, de 150 km, este $\tau_{ij} = 15\,\Delta t$.

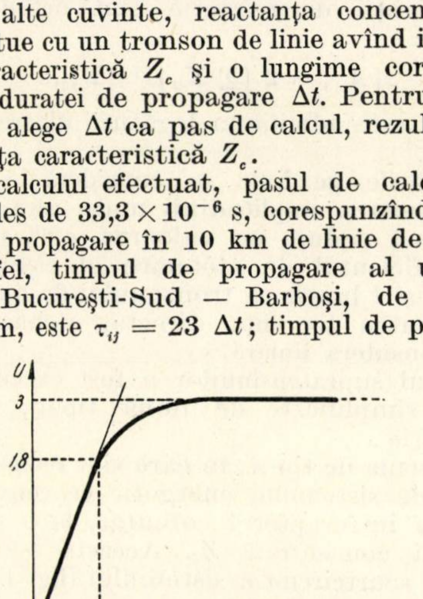


Fig. 6. Caracteristica de deconectare în gol a întreruptorului tip I.

Timpul de propagare în tronsonul de linie care a fost substituit reactanței de scurtcircuit a sistemului (Z_s, Z'_s sau Z''_s) este $\tau = 1\,\Delta t$.

Impedanța caracteristică echivalentă a elementelor substituite celor concentrate se calculează, în consecință, pe baza puterii de scurtcircuit S_{sc} :

$$Z_c = \frac{S_{sc}}{314 \cdot 33{,}3 \cdot 10^{-6}}.$$

Pentru liniile de 220 kV construite pentru tensiunea de 400 kV s-a considerat în calcul $Z_c = 310\ \omega$ și constanta de fază $\beta = 6{,}2°/100$ km.

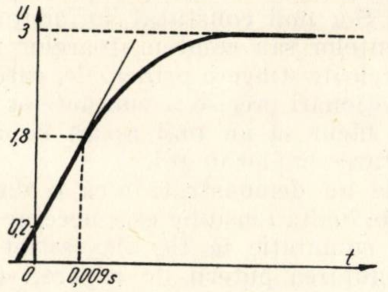


Fig. 7. Caracteristica în gol a întreruptorului tip II.

Pentru liniile de 220 kV construite pentru 220 kV s-a considerat în calcul :

$$Z_c = 380\ \Omega \quad \text{și} \quad \beta = 6{,}2°/100\ \text{km}.$$

Atenuarea liniilor s-a considerat în calcul $e^{-\alpha l} = 0{,}99$ ($\alpha_l = R/2\,Z_c$).

La calculul conectării liniei în gol, întreruptorul s-a introdus în calcul prin metoda generatorului echivalent, respectiv se consideră întreaga schemă pasivizată, iar în punctul de comutație se consideră o sursă de tensiune egală și de semn contrar cu tensiunea existentă între borne înainte de comutare. Acest mod de considerare a întreruptorului permite obținerea componentei tranzitorii din schema studiată.

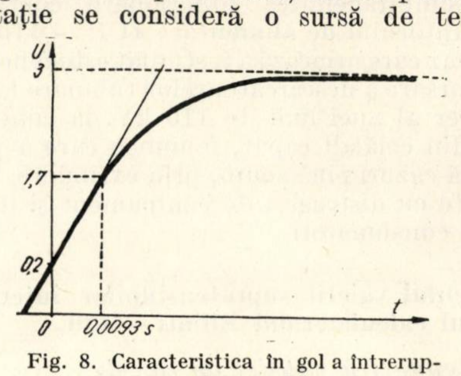


Fig. 8. Caracteristica în gol a întreruptorului tip III.

La calculul deconectării liniei în gol, în punctul de deconectare se consideră o sursă de curent de valoare egală cu curentul ce trece prin întreruptor înainte de comutație.

La calculul tensiunii la deconectare au fost considerate patru tipuri de caracteristici de deconectare în gol a întreruptorului, și anume cele indicate în figurile 6, 7, 8 și 9.

2.2. *Ipotezele și variantele de calcul*

Calculul tensiunii tranzitorii la conectarea şi deconectarea liniei în gol a fost aplicat la două linii de 220 kV :

— linia Bucureşti-Sud — Barboşi (Galaţi), construită și echipată pentru tensiunea de 400 kV, funcționînd la 220 kV ;

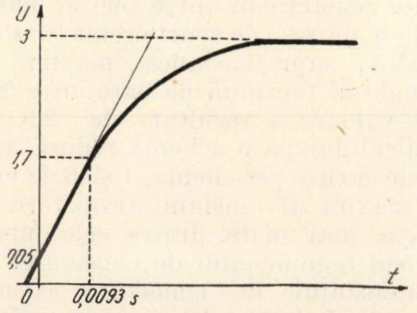


Fig. 9. Caracteristica în gol a întreruptorului tip IV.

— linia de 220 kV Borzeşti — Fileşti (Galaţi).

Linia Bucureşti-Sud — Borboşi a fost calculată în cazul conectării şi deconectării cu întreruptorul din staţia Bucureşti-Sud.

Linia Borzeşti — Fileşti a fost calculată în cazul conectării şi deconectării cu întreruptorul din staţia Borzeşti.

Parametrii liniei Bucureşti-Sud — Barboşi sînt :

— lungimea, $l = 232$ km ; $s = 2 \times 450$ OlAl ;

— impedanţa caracteristică, $Z_c = 310\,\Omega$; constanta de fază $\beta = 6{,}2°/100$ km.

Puterea de scurtcircuit la 220 kV Bucureşti-Sud în etapa actuală, cu linia spre Barboşi deconectată, $S_{sc} = 2350$ MVA.

Parametrii liniei Borzeşti — Fileşti sînt :

— lungimea, $l = 145$ km ; $s = 400$ OlAl;

— impedanţa caracteristică $Z_c = 380\,\Omega$; constanta de fază $\beta = 6{,}2°/100$ km.

Puterea de scurtcircuit la 220 kV Borzeşti în etapa actuală, cu linia spre Fileşti deconectată, $S_{sc} = 1\,500$ MVA.

La calculul tensiunii la conectarea în gol a liniei Bucureşti-Sud — Barboşi, s-a cercetat influenţa variaţiei următorilor parametri :

— unghiul tensiunii la barele sistemului în momentul conectării. S-au dat acestui unghi valorile 0, 30, 60, 90, 120, 150 şi 180^0, dînd puterii de scurtcircuit la Bucureşti-Sud o valoare fixă, de 2350 MVA ;

— puterea de scurtcircuit la barele de sistem la care se conectează linia în gol. Aceasta a fost considerată cu valorile 500, 1000, 1500, 2000, 2500 şi 3000 MVA, în timp ce unghiul tensiunii la conectare este considerat de 90^0.

Pentru a examina posibilitatea de reducere a schemei pentru simplificarea calculului, toate variantele de conectare cu puterea de scurtcircuit actuală de 2350 MVA şi diferite valori ale unghiului tensiunii au fost aplicate atît pe o schemă redusă, de forma *A*, cît şi pe o schemă mai complexă, de forma *B*.

Această analiză a fost necesară pentru a compara valorile obţinute pe scheme *A* şi *B* în raport cu valorile reale ale tensiunii obţinute la oscilografierea comutaţiei în sistem.

În cazul deconectării liniei Bucureşti-Sud — Barboşi, s-au calculat tensiunile la o putere de scurtcircuit de 2350 MVA pe schemă redusă, de tip *A*, şi pe schemă mai complexă, de tip *B*.

Tabela 4

Supratensiuni la conectarea în gol a liniei 220 kV București — Barboşi

Nr. crt.	Putere de scurtcircuit, MVA	Unghiul de conectare, grade	Schema de calcul *)	$\frac{U_1}{U_{nom}}$ (la capătul liber)		$\frac{U_3}{U_{nom}}$ (la întreruptor)	
				primul maxim	maximum maximorum	primul maxim	maximum maximorum
1	500	90	*A*	1,96	2,05	1,46	1,56
2	1 000	90	*A*	2,04	2,13	1,53	1,78
3	1 500	90	*A*	2,14	2,19	1,43	1,43
4	2 000	90	*A*	2,18	2,20	1,32	1,32
5	2 500	90	*A*	1,91	2,31	0,826	1,37
6	3 000	90	*A*	1,92	2,26	0,812	1,39
7	2 350	0	*A*	1,09	1,14	0,839	0,677
8	2 350	30	*A*	1,84	1,84	1,05	1,05
9	2 350	60	*A*	2,32	2,32	1,35	1,35
10	2 350	90	*A*	2,18	2,25	1,35	1,35
11	2 350	120	*A*	1,45	2,19	0,988	1,26
12	2 350	150	*A*	0,723	1,58	0,321	1,12
13	2 350	180	*A*	1,09	1,14	0,838	0,876
14	2 350	0	*B*	0,735	0,774	0,410	0,432
15	2 350	30	*B*	1,13	1,13	0,543	0,549
16	2 350	60	*B*	1,51	1,51	0,700	0,700
17	2 350	90	*B*	1,51	1,51	0,587	0,670
18	2 350	120	*B*	1,10	1,39	0,530	0,702
19	2 350	150	*B*	0,416	1,11	0,208	0,554
20	2 350	180	*B*	0,739	0,774	0,411	0,435

*) Vezi figurile 4 şi 5

Tabela 5

Supratensiuni la conectarea în gol a liniei de 220 kV Borzeşti — Fileşti

Nr. crt.	Putere de scurtcircuit, MVA	Unghiul de conectare, grade	Schema de calcul *)	$\frac{U_1}{U_{nom}}$ (la capătul liber)		$\frac{U_3}{U_{nom}}$ (la întreruptor)	
				primul maxim	maximum maximorum	primul maxim	maximum maximorum
21	1 500	90	*A*	2,25	2,25	1,55	1,55
22	1 500	125	*A*	1,53	1,82	1,11	1,36

*) Vezi figurile 4 şi 5

Tabela 6

Supratensiuni la deconectarea în gol a liniei de 220 kV Bucureşti - Sud — Barboşi

Nr. crt.	Puterea de scurtcircuit, MVA	Schema de calcul *)	Caracteristica întreruptor	$\frac{U_1}{U_{nom}}$ maxim	$\frac{U_3}{U_{nom}}$ maxim
23	2 350	*A*	II	1,82	1,81
24	2 350	*B*	II	1,45	1,52

*) Vezi figurile 4 şi 5

Tabela 7

Supratensiuni la deconectarea în gol a liniei Borzești — Filești

Nr. crt.	Puterea de scurtcircuit, MVA	Schema de calcul *)	Caracteristica întreruptor	$\frac{U_1}{U_{nom}}$ maxim	$\frac{U_3}{U_{nom}}$ maxim
25	1 500	*A*	III	1,70	1,70
26	1 500	*A*	IV	1,25	1,28

*) Vezi figura 4.

Deoarece nu se cunoaște caracteristica de deconectare în gol a întreruptorului Delle OR-4-M, 1600 A 12 GVA, de la București-Sud, s-au considerat două tipuri de caracteristici dintre cele indicate mai sus, și anume I și II.

Calculul tensiunii la conectarea în gol a liniei Borzești — Filești a fost executat în ipoteza puterii de scurtcircuit actuale, de 1500 MVA, cu două valori ale unghiului tensiunii la conectare :

— unghiul cel mai defavorabil, de 90° ;
— unghiul de 125°.

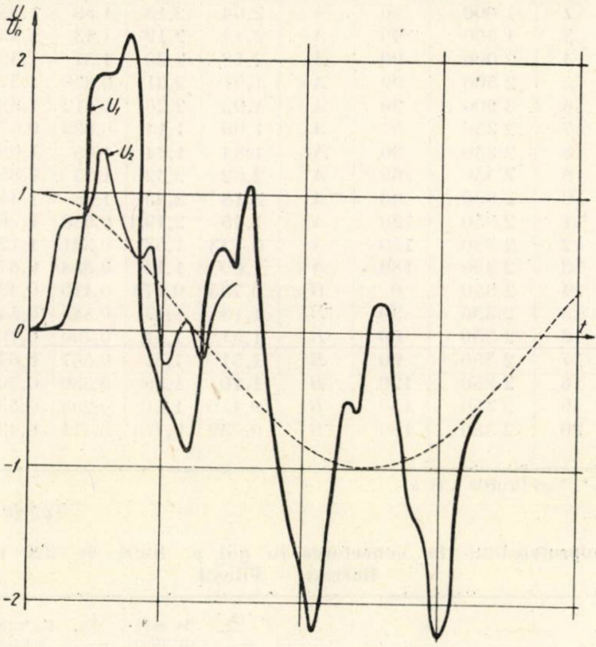


Fig. 10. Conectarea liniei București-Sud — Barboși. Schema A. $S_{sc} = 2\ 350$ MVA ; $\varphi_u = 90°$.

La calculul deconectării în gol a liniei Borzești — Filești s-a considerat puterea de scurtcircuit actuală, de 1500 MVA. Deoarece caracteristica de deconectare în gol a întreruptorului VVN-220, 10 GVA, de la Borzești, nu este cunoscută, s-au considerat două tipuri de caracteristici dintre cele indicate mai sus, și anume III și IV.

2.3. *Rezultatele calculului, interpretarea rezultatelor și aprecierea erorilor*

Rezultatele calculului supratensiunilor în variantele arătate la pct. 2.2, prezentate în tabelele 4—7, permit formularea următoarelor observații :

— Supratensiunea la conectarea liniei București-Sud — Barboși, cu un unghi de 90° al tensiunii pe bare, are un maxim la capătul deschis al liniei la o putere de scurtcircuit de 2500 MVA. Ea are valori mai mari ca 2 pentru puteri de scurtcircuit între 500 și 3000 MVA.

— La o putere de scurtcircuit constantă de 2350 MVA, supratensiunea maximă are loc la un unghi al tensiunii pe bare între 60 și 90°. Această valoare a rezultat de $2{,}3 \times U_{nom}$ în cazul calculului pe o schemă redusă de tip *A*. În ambele cazuri, pe schema *A* și *B*, la 60° și 90°, primul maxim al tensiunii tranzitorii are valoarea cea mai mare dintre cele înregistrate în decursul fenomenului de conectare.

Supratensiunile de conectare calculate pe schema redusă de tip *A* au valori mult mai ridicate decît cele obținute pe schema *B*, în condiții similare. Astfel, la un unghi de 90° se obține pe schema *A* o supratensiune maximă 2,3, iar pe schema *B* o supratensiune maximă 1,51.

Valorile înregistrate la Barboși cu ocazia încercării în rețeaua reală se situează între valorile de calcul obținute cu schemele *A* și *B*. La un unghi de conectare de 90°, supratensiunea a avut valoarea 1,78.

Valorile prea reduse obținute la calculul cu schema mai complexă *B* se pot explica prin necunoașterea puterilor de scurtcircuit la barele surselor introduse în calcul.

Compararea rezultatelor calculului cu valorile supratensiunilor rezultate din oscilografierea în rețea a fenomenului de conectare, arată că primele sînt totdeauna acoperitoare.

Tabela 8

Locul de producere a supratensiunii	Valoarea supratensiunilor înregistrate		Valoarea supratensiunilor calculate		
	unghiul de conectare	$\frac{U_{max}}{U_{nom}}$	nr. variantei de calcul *)	unghiul de conectare	$\frac{U_{max}}{U_{nom}}$
La capătul deschis (U_1)	25°	1,38	8	30°	1,84
,,	35°	1,48	8	30°	1,84
,,	65°	1,55	9	60°	2,32
,,	70°	1,7	9	60°	2,32
,,	90°	1,78	10	90°	2,25
,,	150°	1,18	12	150°	1,58
La întreruptor (U_3)	90°	1,28	10	90°	1,35

*) Vezi tabela 4.

Calculul conectării în gol a liniei Borzești — Filești a indicat o supratensiune maximă de 2,25 la capătul liber (vezi tabela 5) la un unghi al tensiunii pe bare de 90°.

În cazul conectării la un unghi de 125°, supratensiunea la conectare a rezultat din calcul de 1,82 la capătul liber (tabela 6).

Din oscilografierea conectărilor executate la Borzeşti se observă că la conectarea cu un unghi de 66°, tensiunea la capătul liber al liniei a fost de 1,33, iar la un unghi de 24° tensiunea la capătul liber a atins valoarea 1,5. Valorile obţinute sînt în număr prea mic pentru a permite o comparaţie cu cele rezultate din calcul. În afară de aceasta, supratensiunile măsurate sînt influenţate de nesimultaneitatea închiderii fazelor la întreruptor, la care s-au constatat diferenţe pînă la 1,5 perioade. Nesimultaneitatea (dispersia) timpului de închidere a fazelor nu a fost considerată în calcul, deoarece s-a efectuat calculul în regim monofazat. În consecinţă, în cazul întreruptorului VVN, rezultatele calculului supratensiunilor de conectare în regim monofazat sînt orientative şi în viitor va fi necesar să se aplice aici un model de calcul în regim trifazat.

Pentru calculul tensiunii tranzitorii la deconectarea liniei în gol, este necesar să fie cunoscută curba de restabilire la deconectare în gol a întreruptorului utilizat. Cum aceste curbe nu sînt indicate în documentaţiile aparatelor, în studiul de faţă au fost făcute o serie de presupuneri asupra acestei caracteristici a întreruptorului, care au constitutit premise de calcul. Astfel, deconectarea liniei Bucureşti-Sud — Barboşi a fost calculată cu o caracteristică de întreruptor de tip I.

Calculul a arătat reamorsarea curentului chiar la timpul $t = 0$, după care deconectarea nu s-a produs decît la următoarea trecere a curentului prin zero. Deci caracteristica I este nereală, deoarece întreruperea nu se produce niciodată cînd rigiditatea dielectrică în spaţiul disruptiv este încă zero.

Datorită vitezei mari de deschidere a contactelor la întreruptorul real, rigiditatea dielectrică are o valoare mai mare ca zero în momentul stingerii arcului.

În consecinţă, calculul deconectării liniei Bucureşti-Sud — Barboşi a fost reluat considerînd o caracteristică de deconectare mai bună, şi anume pe cea de tip II. Cu această caracteristică au rezultat din calcule reamorsări:

— la un unghi de —12°, în cazul schemei de calcul *A*;

— la un unghi de —14°, în cazul schemei de calcul *B*.

La deconectarea liniei Bucureşti — Barboşi, calculul arată supratensiuni de 1,82 şi, respectiv, 1,45 la capătul liber al liniei, în cazul schemei *A* şi respectiv *B*.

Din oscilogramele înregistrate la repetate deconectări ale liniei în gol cu întreruptorul Delle din staţia Bucureşti-Sud, nu a rezultat nici o reamorsare. Urmează că şi caracteristica de tip II este mai defavorabilă decît cea reală a întreruptorului.

Pentru deconectarea în gol efectuată la Borzeşti a liniei Borzeşti — Fileşti, calculul a fost executat considerînd alte două caracteristici de deconectare în gol ale întreruptorului (III şi IV). Ambele au condus la reamorsări după circa 90° după trecerea curentului prin zero, ceea ce concordă cu fenomenul produs la proba de declanşare nr. 5 d. Caracteristicile III şi IV nu exprimă corect în toate cazurile comportarea întreruptorului VVN—220,10 GVA din staţia Borzeşti.

Din neconcordanţa curbelor rezultate din calculul deconectărilor cu curbele obţinute experimental, rezultă că premisele de calcul privind valoarea rigidităţii dielectrice în momentul stingerii arcului, precum şi viteza de restabilire a rigidităţii trebuie să fie revizuite.

În acest scop este necesar să se determine experimental caracteristica de restabilire în gol pentru diferite tipuri de întreruptoare existente în staţiile de înaltă tensiune. Această caracteristică, fiind considerată în viitor în calculele supratensiunii la deconectare, poate da o imagine mai reală a procesului de întrerupere în gol.

Concluzii

Calculul în regim monofazat după metodologia prezentată în cele de mai sus dă valori acoperitoare în cazul conectării liniilor în gol şi reproduce suficient de exact fenomenul în privinţa frecvenţelor proprii.

Valorile maxime ale supratensiunilor obţinute din calcul sînt mai mari cu 20—40% decît cele obţinute experimental, ceea ce se poate explica prin următoarele:

— puterile de scurtcircuit pe barele de alimentare, considerate în calcul, sînt cele determinate prin calcul analitic şi nu au fost verificate prin probe de scurtcircuit;

— atenuările în elementele liniei, considerate în calcul, s-au devedit a fi mai mici decît cele reale, observate pe oscilograme;

— calculul fiind efectuat în regim monofazat, nu ţine seamă de influenţa celorlalte faze şi de nesimultaneitatea contactelor.

Cu toate aceste aproximări, metoda de calcul în regim monofazat se dovedeşte a fi destul de exactă şi acoperitoare, reproducînd calitativ fenomenul, şi deci poate fi folosită, într-o primă etapă, la analiza schemelor noilor instalaţii care intră în funcţiune, sau pentru analiza de avarii.

Bibliografie

[1] Ionescu, Al., Popa, B., Bensimon, A. şi Bratu, A. *Supratensiuni în regim de alimentare asimetrică a liniei de 400 kV Luduş — Mukacevo.* Lucrări tehnico-ştiinţifice IRME, nr. 5, 1966.

2] Ionescu, Al., Popa, B., Bensimon, A., Bratu, A. şi Tendler, M. *Probe de punere în funcţiune la 400 kV a liniei Luduş — Mukacevo — Lemesany.* Lucrări tehnico-ştiinţifice IRME, nr. 4, 1965.

[3] Ionescu, Al., Popa, B., Cigusievici, M., Mangu, G., Tendler, M. şi Bratu, A. *Rezultate experimentale obţinute în efectuarea încercărilor în sistemul energetic cu echipament de înaltă tensiune.* Lucrări tehnico-ştiinţifice IRME, nr. 2, 1963.

[4] Pomîrleanu, J. şi Mumjinschi, E. *Probe efectuate asupra liniei de 220 kV Luduş — Lemesany în vederea interconectării sistemului energetic al R.S. România cu sistemul energetic al R.S. Cehoslovace.* Lucrări tehnico-ştiinţifice IRME, nr. 2, 1963.

(Articol intrat în redacţie la 22 iulie 1968)

Supratensiuni produse la deconectarea în gol a transformatoarelor

Dr. ing. **Gh. Iacobescu** şi dr. ing. **I. Iordănescu** *)

Transformatoarele în gol, care au una din înfăşurări deconectată de la reţea, reprezintă aproape inductanţe pure, astfel încît curenţii de magnetizare ai acestora se pot considera defazaţi în urmă cu 90° faţă de tensiunea de alimentare.

Dacă ruperea curentului se face în momentul trecerii lui prin zero natural, tensiunea reţelei are valoarea maximă, iar energia magnetică conţinută în bobinajul transformatorului este nulă. Energia electrică a elementelor conectate la bornele transformatorului produce între conductoare oscilaţii de egalizare cu frecvenţa de cîteva sute de Hz, prin inductanţa de mers în gol a acestuia şi spre pămînt, cînd punctul neutru este legat la pămînt. În acest caz nu se produc supratensiuni.

Deoarece acest curent este mic în raport cu curentul nominal al aparatului de întrerupere, rezistenţa arcului electric dintre contacte variază relativ repede, datorită suflajului din camera de rupere. Arcul electric, care devine instabil, deformează curba curentului în întreruptor şi produce o schimbare nu atît a amplitudinii, cît mai ales a fazei acestuia, ceea ce determină anularea şi deci ruperea lui înaintea trecerii prin zero natural. O astfel de situaţie este arătată [1] în figura 1, în care I_μ este curentul de mers în gol al transformatorului care parcurge circuitul cînd întreruptorul este închis, I_a — curentul din arcul electric, şi R_a — rezistenţa variabilă a arcului electric. Reprezentarea aceasta, deşi dată simplificat, totuşi scoate în evidenţă aspectul fizic al ruperii, care poate avea loc înaintea trecerii prin zero natural a curentului de magnetizare. Curentul din întreruptor, la aprinderile repetate ale arcului electric, variază foarte rapid, deoarece valoarea instantanee a acestuia trebuie să sară de pe curba desenată cu linie continuă — pentru $a = 0$ ($R_a = 0$), ceea ce corespunde contactului închis—, pe una din curbele desenate cu linie întreruptă, ceea ce corespunde arcului electric aprins. Cîmpul magnetic din bobinajul transformatorului nu poate urma o astfel de variaţie a curentului din întreruptor, astfel încît o cantitate de energie magnetică devine liberă. Ea este proporţională cu pătratul ordonatelor mm', nn', oo', ..., trasate pe diagrama din figura 1, corespunzătoare diferitelor momente de întrerupere definitivă a curentului din întreruptor. Ordonata maximă, deci energia liberă maximă, corespunde ruperii amplitudinii curentului de magnetizare.

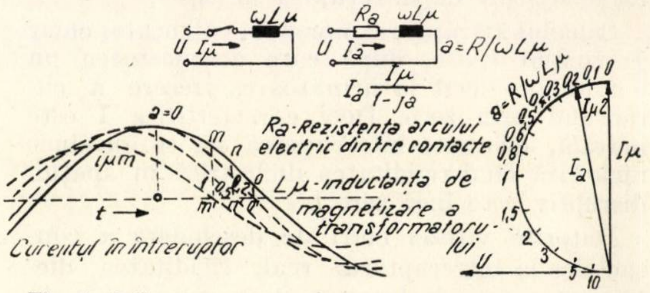


Fig. 1. Influenţa arcului electric la deconectarea în gol a transformatorului.

Asemenea înrerupere se numeşte cu smulgere de curent [2] sau anticipată [3], [4] (dacă se ţine seamă de modificarea fazei curentului din întreruptor), şi efectul ei constă în aceea că energia magnetică liberă, care se transformă în energie electrică a capacităţilor paralele, poate conduce la supratensiuni între bornele întreruptorului şi la transformatorul deconectat.

În cadrul lucrării, pornind de la cunoaşterea acestui aspect al ruperii, se calculează supratensiunile maxime posibile la deconectarea în gol a transformatorului, în diferite condiţii, ţinînd seamă de curenţii de rupere anticipată sau de smulgere.

---

*) Dr. ing. Gh. Iacobescu este conferenţiar la Institutul politehnic Bucureşti; dr. ing. Ion Iordănescu este inginer specialist la ISPE.

1. Relaţii generale de calcul la deconectarea în gol a transformatorului

Pentru determinarea supratensiunilor maxime la deconectarea în gol a transformatorului, se consideră schema de principiu din figura 2, în care s-a neglijat rezistenţa electrică. Transformatorul este reprezentat prin circuitul L_μ, C_2, reţeaua de alimentare prin sursa de tensiune u şi circuitul L_1, C_1, iar racordul dintre reţea şi transformator prin inductanţa L.

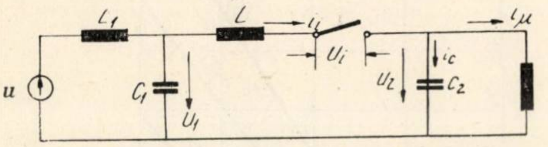
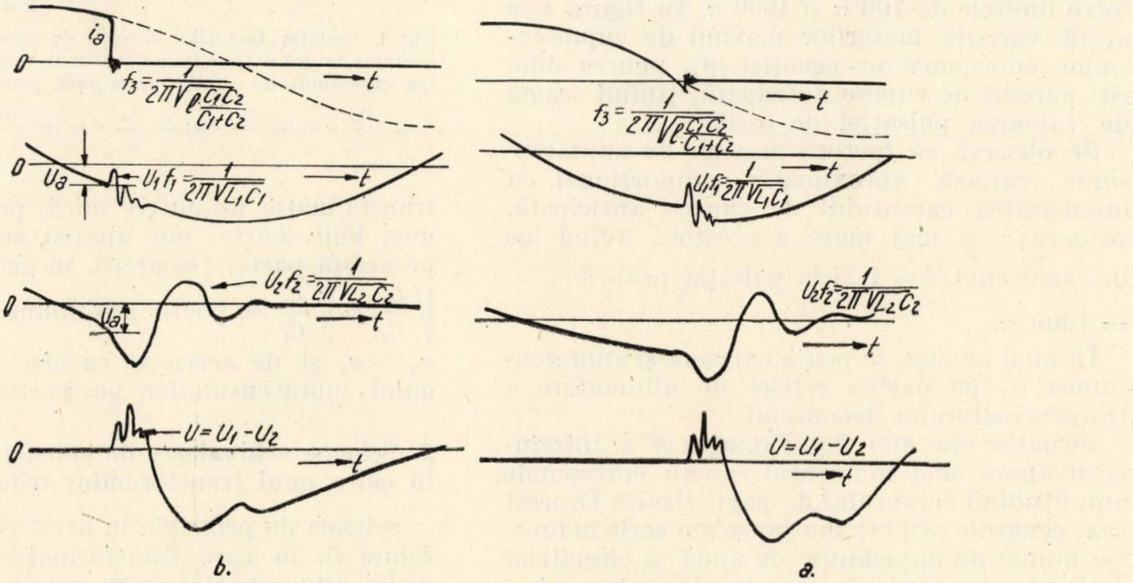


Fig. 2. Schema echivalentă monofazată relativă la deconectarea în gol a unui transformator.

La ruperea curentului, care poate avea loc într-un moment oarecare, identic sau diferit de trecerea naturală prin zero a curentului de magnetizare, cele două circuite oscilante (L_1, C_1) şi (L_μ, C_2) oscilează independent.

Supratensiunile corespunzătoare ruperii curentului într-un moment oarecare se determină scriind bilanţul energetic al circuitelor deconectate.



i_a
0
$f_3 = \frac{1}{2\pi\sqrt{l\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}}}$
t
U_a
U_1 $f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1C_1}}$
U_2 $f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2C_2}}$
$U = U_1 - U_2$
b.
a.

Fig. 3. Curbele curenţilor şi tensiunilor în cazul ruperii curentului de magnetizare:

a – ruperea curentului la trecerea prin zero natural; *b* – ruperea curentului într-un moment oarecare.

Astfel, dacă curentul de rupere anticipată este i_a, conform figurii 3, circuitul oscilant corespunzător transformatorului deconectat conţine energia:

$$W_2 = \frac{i_a^2 L_\mu}{2} + \frac{C_2}{2} u_a^2, \tag{1}$$

care, neglijînd amortizarea, se transformă integral în energie electrică, a cărei valoare este dată de relaţia:

$$W_c = (u_2)_{max}^2 \frac{C_2}{2}. \tag{2}$$

Din egalitatea ecuaţiilor de bilanţ energetic (1) şi (2) se determină supratensiunea maximă la transformator, sub forma:

$$(u_2)_{max} = \sqrt{u_a^2 + \frac{L_\mu}{C_2} i_a^2}, \tag{3}$$

care tinde către zero, prin oscilaţii amortizate cu frecvenţa $f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_\mu\ C_2}}$, cuprinsă între 200 şi 500 Hz.

În mod anolog se poate calcula şi supratensiunea corespunzătoare bornei *1* a întreruptorului, pe partea reţelei de alimentare, adică:

$$(u_1)_{max} = \sqrt{u_a^2 + \frac{L_1}{C_1} i_a^2}, \tag{4}$$

care tinde către tensiunea nominală a reţelei, prin oscilaţii amortizate cu frevenţa $f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1C_1}}$, cuprinsă între 2 000 şi 5 000 Hz.

La bornele întreruptorului, tensiunea tranzitorie de restabilire este dată în orice moment de ecuaţia:

$$u = u_1 - u_2, \tag{5}$$

a cărei viteză de creştere poate avea valori mari, care să faciliteze reaprinderile repetate ale arcului electric.

În figura 3 s-au reprezentat calitativ [2], [5] supratensiunile u_1 şi u_2 şi tensiunea tranzitorie de restabilire u pe intervalul de rupere, în ipoteza ruperii definitive a curentului de mers în gol la valoarea i_a. Tensiunea u_a, corespunzătoare momentului ruperii, se poate exprima în funcție de tensiunea rețelei și de curentul de rupere prin relația :

$$u_a = \hat{U}\sqrt{1-\left(\frac{i_a}{\hat{I}_\mu}\right)^2}, \qquad (6)$$

astfel încît supratensiunea maximă pe partea deconectată, definită de ecuația (3), este :

$$(u_2)_{max} = \sqrt{i_a^2\frac{L_\mu}{2} + \hat{U}^2\left[1-\left(\frac{i_a}{\hat{I}_\mu}\right)^2\right]}. \qquad (7)$$

Ținînd seamă că :

$$L_\mu = \frac{U}{\omega I_\mu}\ ; \quad C_2 = \frac{I_c}{\omega U},$$

ecuația (7) devine :

$$(u_2)_{max} = \hat{U}\sqrt{1+\left(\frac{i_a}{\hat{I}_\mu}\right)^2\left[\frac{I_\mu}{I_c}-1\right]} =$$

$$= \hat{U}\sqrt{1+\left(\frac{i_a}{\hat{I}_\mu}\right)^2\left[\left(\frac{\nu_\mu}{\omega}\right)^2-1\right]}, \qquad (8)$$

în care $\nu_\mu^2 = \frac{1}{L_\mu C_2}$ reprezintă pulsația proprie a circuitului deconectat.

În general, la deconectarea în gol a transformatoarelor, pulsația proprie a acestora variază între limitele de 100 π și 1000 π. În figura 4 se arată variația factorilor maximi de supratensiune, corespunzător ecuației (8), pentru diferiți curenți de rupere anticipată, ținînd seamă de valoarea pulsației de oscilație.

Se observă că factorii maximi de supratensiune variază aproximativ proporțional cu intensitatea curentului de rupere anticipată, valoarea cea mai mare a acestora avînd loc în cazul cînd $\frac{i_a}{\hat{I}_\mu} = 1$ și la pulsația proprie $\nu_\mu = 1000\ \pi$.

În mod analog, se poate exprima și supratensiunea u_1 pe partea rețelei de alimentare a transformatorului deconectat.

Situația cea mai dezavantajoasă a întreruperii apare cînd momentul ruperii corespunde amplitudinii curentului de magnetizare. În acest caz, ecuațiile (3), (4) sau (8) se pot scrie în funcție numai de impedanța de undă a circuitelor oscilante în aval și amonte de întreruptor, sub forma :

$$(U_1)_{max} = i_a\sqrt{\frac{L_1}{C_1}} \qquad (9)$$

și

$$(U_2)_{max} = i_a\sqrt{\frac{L_\mu}{C_2}}. \qquad (10)$$

Dacă rețeaua de alimentare este foarte puternică, impedanța de undă a ei este mică, astfel încît pe această parte nu pot apărea supratensiuni periculoase. Dacă însă alimentarea circuitului deconectat se face de la un transformator de putere mică, prin intermediul unei linii scurte, pot apărea supratensiuni și pe această parte. Deoarece, în general, în rețele $\sqrt{\frac{L_\mu}{C_2}} \gg \sqrt{\frac{L_1}{C_1}}$ se poate presupune totdeauna ca $u_2 > u_1$ și de aceea se va efectua numai calculul supratensiunilor pe partea deconectată.

$$\frac{U_{max}}{\hat{U}} = K_d\, max = \sqrt{1+\left(\frac{i_a}{\hat{I}_\mu}\right)^2\left[\left(\frac{\nu_\mu}{\omega}\right)^2-1\right]}$$

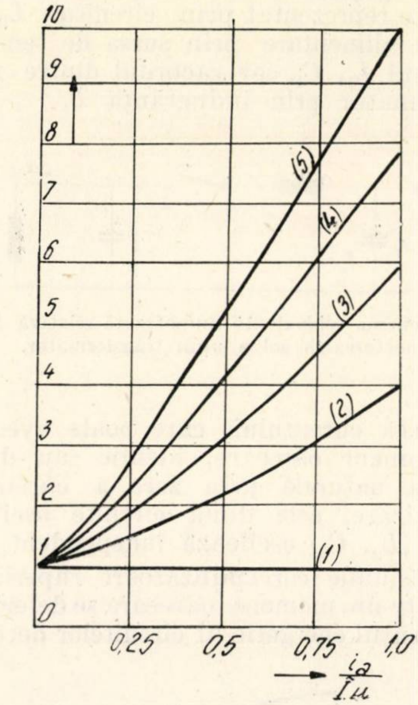


Fig. 4. Variația factorilor maximi de supratensiune la deconectarea în gol a transformatorului în funcție de intensitatea curentului de rupere anticipată pentru :

(1) $\frac{\nu_\mu}{\omega} = 0$; (2) $\frac{\nu_\mu}{\omega} = 4$; (3) $\frac{\nu_\mu}{\omega} = 6$; (4) $\frac{\nu_\mu}{\omega} = 8$; (5) $\frac{\nu_\mu}{\omega} = 10$

2. Scheme echivalente de calcul la deconectarea în gol a unui transformator trifazat

Schema de principiu în acest caz este dată în figura 5, în care transformatorul cu neutrul izolat este conectat între sistemele de bare de înaltă și de joasă tensiune, cu ajutorul întreruptoarelor I_1 și I_2.

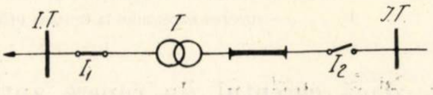


Fig. 5. Deconectarea în gol a transformatorului trifazat.

La funcționarea în gol a transformatorului, cea mai mare parte a fluxului magnetic se închide prin miezul acestuia, străbătînd ambele înfăşurări, şi numai o mică parte constituie fluxul de scăpări care trece prin mediul magnetic şi străbate înfăşurarea primară. Deoarece fluxul de scăpări este mult mai mic decît fluxul care se închide prin miez, se poate considera că schema echivalentă monofazată a transformatorului se reduce practic la inductanţa de magnetizare, la care se conectează capacităţile echivalente corespunzătoare ale înfăşurărilor*), aşa cum se indică în figura 6.

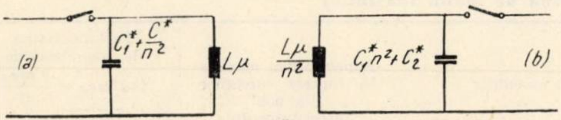


Fig. 6. Schema echivalentă monofazată a transformatorului la mers în gol, cînd:
a — deconectarea se face pe partea de înaltă tensiune;
b — deconectarea se face pe partea de joasă tensiune.

Înaintea întreruperii, polii întreruptorului sînt solicitaţi de curentul de magnetizare, care, pentru transformatoarele utilizate în reţelele electrice, formează un sistem asimetric. Asimetria scade însă cu creşterea puterii transformatorului, astfel încît, pentru simplificare, se consideră că curenţii formează un sistem simetric, decalat cu 90° în urma sistemului de tensiuni al reţelei, aşa cum se arată în figura 7.

Ruperea în polii întreruptorului a curenţilor de magnetizare consideraţi simetrici (fig. 7) poate avea loc fie simultan, ca urmare a intensităţilor reduse şi a sulfajului puternic, fie în două etape.

În primul caz, transformatorul este izolat galvanic de reţeaua de alimentare, iar schema echivalentă, corespunzătoare fiecărei faze, este cea dată în figura 6.

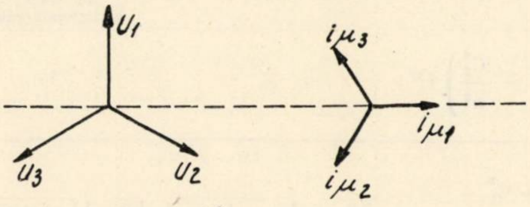


Fig. 7. Diagrama tensiunilor şi curenţilor la deconectarea în gol a transformatoarelor.

Deşi ruperea curenţilor se face simultan, totuşi nu toate fazele sînt deconectate în condiţii identice.

Într-adevăr, dacă deconectarea are loc la trecerea prin zero a curentului din polul 1 al întreruptorului, atunci bilanţul energetic al momentului ruperii se poate scrie astfel:

— pentru polul 1:

$$\frac{1}{2}\left(C_1^*+\frac{C_2^*}{n^2}\right)u_{max}^2=\frac{1}{2}\left(C_1^*+\frac{C_2^*}{n^2}\right)\hat{U}^2; \quad (11)$$

— pentru ceilalţi doi poli:

$$\frac{1}{2}\left(C_1^*+\frac{C_2^*}{n^2}\right)u_{max}^2=\frac{1}{8}\left(C_1^*+\frac{C_2^*}{n^2}\right)\hat{U}^2+\frac{3}{8}L_\mu \hat{I}_\mu^2, \quad (12)$$

de unde reies supratensiunile maxime corespunzătoare:

$$(u_{max})_1=\hat{U} \quad (13)$$

şi

$$(u_{max})_{2,3}=\frac{\hat{U}}{2}\sqrt{1+3\left(\frac{\nu_\mu}{\omega}\right)^2}. \quad (14)$$

În mod analog se poate scrie bilanţul energetic pentru alte momente ale ruperii, care permite determinarea supratensiunilor maxime la transformator. În tabela 1 se indică datele calculate în diverse situaţii, iar în figura 8 este arătată variaţia factorilor maximi de supratensiune, în funcţie de raportul $\left(\frac{\nu_\mu}{\omega}\right)$ pentru diferite momente ale ruperii.

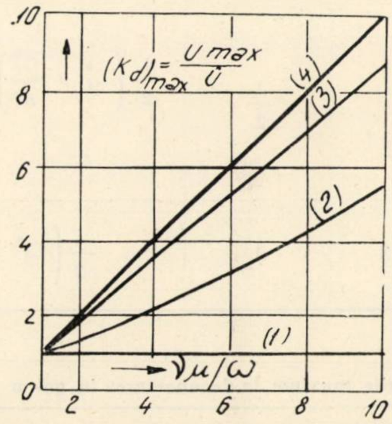


Fig. 8. Variaţia factorilor maximi de supratensiune la deconectarea în gol a transformatorului, în funcţie de raportul ν_μ/ω pentru diferite momente ale întreruperii:

$$(1): \frac{La}{\hat{I}_\mu}=0;\ (2): \frac{La}{\hat{I}_\mu}=\frac{1}{2};\ (3): \frac{La}{\hat{I}_\mu}=\frac{\sqrt{3}}{2};\ (4): \frac{La}{\hat{I}_\mu}=1.$$

Este posibil, însă, ca ruperea celor trei curenţi, deşi de intensitate mică, să nu aibă loc simultan în cei trei poli ai întreruptorului. Presupunînd că acest lucru are loc în două etape, pentru faza care este deconectată prima corespunde schema echivalentă dată în figura 9, iar pentru fiecare din fazele care sînt deconectate ultimele corespunde schema echivalentă din figura 6.

În schema echivalentă din figura 9 s-a considerat că reţeaua înseriată la cele două faze

---

[*] Capacităţile C_1^* şi C_2^* sînt capacităţile echivalente ale înfăşurărilor şi ele sînt egale aproximativ cu o treime din capacitatea faţă de pămînt a acestora.

ale transformatorului, care rămîn conectate, are o inductanţă mult mai mică decît inductanţa de magnetizare a acestuia. Capacitatea echivalentă, însă, a acestei reţele poate avea o valoare mai mare decît cea a transformatorului, astfel încît frecvenţa de oscilaţie a fenomenului tranzitoriu, care apare la deconectare, are o valoare mai mică decît în cazul deconectării simultane a fazelor.

În tabela 2 se indică rezultatele de calcul obţinute cu ajutorul schemei echivalente din figura 9, considerînd că în prima etapă este între-

Tabela 1

Supratensiunile maxime la decontarea în gol a transformatoarelor şi întreruperea simultană a polilor întreruptorului în diferite momente (deconectarea pe partea de înaltă tensiune)

Nr. crt.	Polul de întrerupere	Curentul de rupere anticipată în polii întreruptorului (raportat la amplitudinea curentului de magnetizare)	Bilanţul energetic la ruperea anticipată a curenţilor din polii întreruptorului	Supratensiuni maxime la ruperea curenţilor din polii întreruptorului	Factorii maximi de supratensiune $(k_d)_{max} = \frac{u\ max}{\hat{U}}$ la întreruperea curenţilor din polii întreruptorului
1	1	0	$\frac{1}{2}\left(C_1^* + \frac{C_2^*}{n^2}\right) u_{max}^2 = \frac{1}{2}\left(C_1^* + \frac{C_2^*}{n^2}\right) \hat{u}^2$	$\hat{U}$	1
	2 3	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{2}\left(C_1^* + \frac{C_2^*}{n^2}\right) u_{max}^2 = \frac{1}{8}\left(C_1^* + \frac{C_2^*}{n^2}\right) \hat{U}^2 + \frac{3}{8} L_\mu \hat{I}_\mu^2$	$\frac{\hat{U}}{2}\sqrt{1 + 3\left(\frac{\nu_\mu}{\omega}\right)^2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{1 + 3\left(\frac{\nu_\mu}{\omega}\right)^2}$
2	1 2	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}\left(C_1^* + \frac{C_2^*}{n^2}\right) u_{max}^2 = \frac{3}{8}\left(C_1^* + \frac{C_2^*}{n^2}\right) \hat{U}^2 + \frac{1}{8} L_\mu I_\mu$	$\frac{\hat{U}}{2}\sqrt{3 + \left(\frac{\nu_\mu}{\omega}\right)^2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{3 + \left(\frac{\nu_\mu}{\omega}\right)^2}$
	3	1	$\frac{1}{2}\left(C_1^* + \frac{C_2^*}{n^2}\right) u_{max}^2 = \frac{1}{2} L_\mu \hat{I}_\mu^2$	$\hat{U}\,\frac{\nu_\mu}{\omega}$	$\frac{\nu_\mu}{\omega}$

Tabela 2

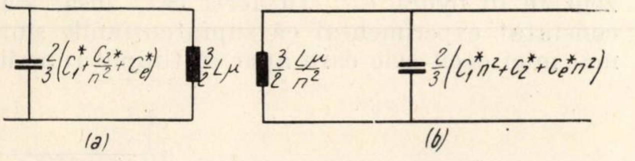
Supratensiunile maxime la deconectarea în gol a primei faze a unui transformator (deconectarea pe partea de înaltă tensiune)

Nr. crt.	Curentul de rupere anticipată în polul 1 al întreruptorului (raportat la curentul de magnetizare)	Bilanţul energetic la ruperea curentului din polul 1 al întreruptorului	Supratensiuni maxime la ruperea curentului din polul 1 al întreruptorului	Factorii maximi de supratensiunie $(k_d)_{max} = \frac{u_{max}}{\hat{U}}$ la ruperea curentului din polul 1 al întreruptorului
1	0	$\frac{1}{3}\left(C_1^* + C_e^* + \frac{C_2^*}{n^2}\right) u_{max}^2 = \frac{1}{3}\left(C_1^* + C_e^* + \frac{C_2^*}{n^2}\right) \hat{U}^2$	$\hat{U}$	1
2	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}\left(C_1^* + C_e^* + \frac{C_2^*}{n^2}\right) u_{max}^2 = \frac{1}{4}\left(C_1^* + C_e^* + \frac{C_2^*}{n^2}\right) \hat{U}^2 + \frac{3}{8} L_\mu \mathrm{I}_\mu^2$	$\frac{\sqrt{3}}{2}\,\hat{U}\sqrt{1+\frac{1}{2}\left(\frac{\nu_\mu}{\omega}\right)^2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot\sqrt{1+\frac{1}{2}\left(\frac{\nu_\mu}{\omega}\right)^2}$
3	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{2}{3}\left(C_1^* + C_e^* + \frac{C_2^*}{n^2}\right) u_{max}^2 = \frac{1}{6}\left(C_1^* + C_e^* + \frac{C_2^*}{n^2}\right) \hat{U}^2 + \frac{9}{8} \mathrm{L}_\mu \mathrm{I}_\mu^2$	$\frac{\hat{U}}{2}\sqrt{1+\frac{27}{4}\left(\frac{\nu_\mu}{\omega}\right)^2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{1+\frac{27}{4}\left(\frac{\nu_\mu}{\omega}\right)^2}$
4	1	$\frac{1}{3}\left(C_1^* + C_e^* + \frac{C_2^*}{n^2}\right) u_{max}^2 = \frac{3}{4} L_\mu \mathrm{I}_\mu^2$	$\frac{3}{2}\,\hat{U}\,\frac{\nu\mu}{\omega}$	$\frac{3}{2}\cdot\frac{\nu_\mu}{\omega}$

rupt totdeauna curentul din polul *1*. În acest caz, pulsaţia

$$\nu_{\mu} = \frac{1}{\sqrt{L_{\mu}\left(C_1^{*} + C_e^{*} + \frac{C_2^{*}}{n^2}\right)}} \simeq \frac{1}{\sqrt{L_{\mu}\, C_e^{*}}}$$

trebuie considerată totdeauna mai mică decît cea obţinută în cazul schemei echivalente din figura 6.



$\frac{2}{3}\left(C_1^* + \frac{C_2^*}{n^2} + C_e^*\right)$
$\frac{3}{2}L\mu$
$\frac{3}{2}\frac{L\mu}{n^2}$
$\frac{2}{3}\left(C_1^* n^2 + C_2^* + C_e^* n^2\right)$
(a)
(b)

Fig. 9. Schema echivalentă a reţelei la deconectarea în gol a primei faze a transformatorului:

a – pe partea de înaltă tensiune; *b* – pe partea de joasă tensiune.

În figura 10 s-a trasat variaţia factorilor maximi de supratensiune obţinută cu ajutorul relaţiilor de calcul din tabela 2, în funcţie de diferite momente ale ruperii curentului şi considerînd limita maximă a valorii pulsaţiei proprii egală cu 500 π.

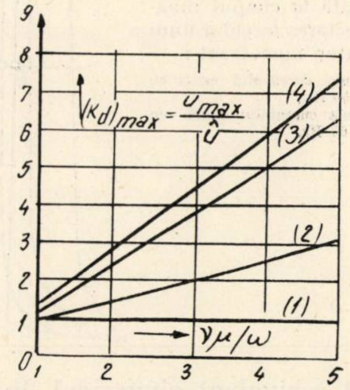


Fig. 10. Variaţia factorilor maximi de supratensiune la deconectarea în gol a unei faze a transformatoarelor, în funcţie de raportul νμ/ω, pentru diverse momente:

(1): $\frac{La}{\hat{I}_{\mu}} = 0$; (2): $\frac{La}{\hat{I}_{\mu}} = \frac{1}{2}$; (3): $\frac{La}{\hat{I}_{\mu}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$; (4): $\frac{La}{\hat{I}_{\mu}} = 1$.

3. Influenţa raportului de transformare asupra valorilor supratensiunilor maxime de deconectare

Deconectarea în gol a transformatorului se poate face fie pe partea de înaltă tensiune, fie pe partea de joasă tensiune.

În ambele cazuri, schemele echivalente sînt aceleaşi, constantele fizice ale acestora fiind raportate la tensiunea părţii deconectate.

La deconectarea în gol a transformatoarelor pe partea de înaltă tensiune şi la puternicul efect de stingere al întreruptoarelor, instabilitatea arcului electric, şi deci ruperea curentului din întreruptor, este mai probabilă în zona în care intensitatea acestuia se apropie de amplitudinea curentului de magnetizare. Acest lucru determină factorii de supratensiune cei mai ridicaţi.

În cazul deconectării în gol a transformatoarelor pe partea de joasă tensiune, instabilitatea arcului electric, şi deci ruperea curentului din întreruptor, este mai probabilă în zona în care intensitatea acestuia este mai mică decît amplitudinea curentului de magnetizare. Ca urmare, deconectarea se poate efectua cu factori de supratensiune mai reduşi decît în primul caz. Dacă se ţine seamă de relaţia (8), în cazul deconectării pe partea de joasă tensiune, şi se raportează la factorul maxim posibil de supratensiune la deconectarea pe partea de înaltă tensiune, se deduce că:

$$\alpha = \frac{(k_d)\, j\cdot t\cdot}{(k_d)_{max}} = \sqrt{\left(\frac{\omega}{\nu_{\mu}}\right)^2 + \left(\frac{i_a}{\hat{I}_{\mu}}\right)^2 \left[1 - \left(\frac{\omega}{\nu_{\mu}}\right)^2\right]}. \quad (15)$$

În figura 11 s-a reprezentat ecuaţia (15) în funcţie de raportul $\left(\frac{i_a}{\hat{I}_{\mu}}\right)_{j\cdot t}$, pentru diverse pulsaţii proprii de oscilaţie ale transformatoarelor. Această reprezentare nu are numai un caracter formal. Încercările experimentale [6] arată că supratensiunile care apar la deconectarea în gol a transformatoarelor sînt reduse în bună măsură prin raportul de transformare. După cum se observă din figură, există un domeniu larg, în special pentru frecvenţe de oscilaţie înalte, în care variaţia raportului α este aproximativ direct proporţională cu raportul $\left(\frac{i_a}{\hat{I}_{\mu}}\right)_{j\cdot t}$. Cînd acest raport atinge valoarea sa maximă, egală cu unitatea, dispare deosebirea între factorii de supratensiune, iar deconectarea transformatorului este indiferent pe ce parte se efectuează.

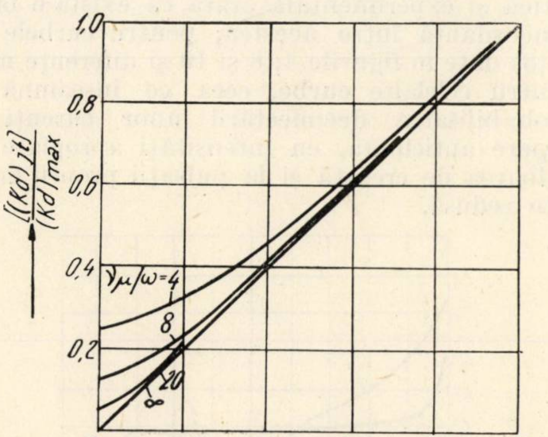


Fig. 11. Variaţia raportului factorilor de supratensiune la deconectarea în gol a transformatorului pe partea de joasă şi înaltă tensiune.

Pentru rapoarte $\left(\frac{i_a}{I_\mu}\right)_{j.t.}$ mici, supratensiunile care iau naştere la deconectarea în gol a transformatorului pe partea de joasă tensiune descresc repede, mai ales la frecvenţe de oscilaţie înalte. Altfel spus, supratensiunile ar fi mai ridicate la deconectarea pe partea de înaltă tensiune, şi de aceea, în aceste cazuri, este recomandat a se deconecta transformatorul pe partea de joasă tensiune.

4. Influenţa caracteristicii de magnetizare asupra valorilor supratensiunilor la deconectarea în gol a transformatoarelor

Din interpretarea relaţiei (8) şi a curbelor factorilor de supratensiune, date în figurile 4, 8 şi 10, reiese că la deconectarea în gol a transformatoarelor, în anumite condiţii de întrerupere, iau naştere supratensiuni foarte ridicate, a căror valoare maximă teoretică poate fi egală cu 10 $\hat{U}$.

Încercările experimentale [7], [8], [9], [10], [11] arată însă că factorii de supratensiune la deconectarea în gol a transformatoarelor rar ating valori mai mari decît 4,5, iar determinările statistice, efectuate pe baza măsurătorilor, indică valori medii cuprinse în limitele de 2,5 şi 3, uneori chiar mai scăzute [7].

În unele cazuri de întrerupere, însă, din încercările experimentale au reieşit [12] supratensiuni de ordinul 6,2 $\hat{U}$.

Compararea rezultatelor obţinute pe cale teoretică şi experimentală arată că există o bună concordanţă între acestea, pentru curbele (2) şi (3) date în figurile 4, 8 şi 10 şi diferenţe mari pentru celelalte curbe, ceea ce înseamnă că probabilitatea deconectării unor curenţi de rupere anticipată, cu intensităţi apropiate de valoarea de creastă şi la pulsaţii proprii mari, este redusă.

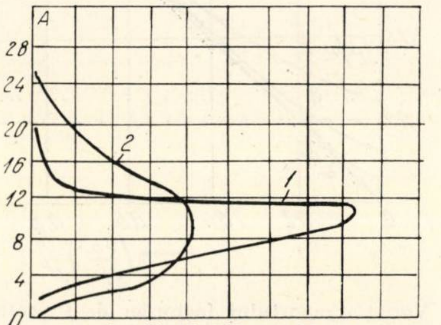


Fig. 12. Curbele de probabilitate a deconectărilor valorilor instantanee la ruperea anticipată a curenţilor inductivi mici :

1 – pentru întreruptoarele cu aer comprimat ;
2 – pentru întreruptoarele cu ulei.

Într-adevăr, din curbele de probabilitate a deconectării valorilor instantanee la ruperea anticipată a curenţilor inductivi mici [13], date în figura 12, reiese că probabilitatea apariţiei unor intensităţi apropiate de valoarea de creastă este sub 4%. Cea mai probabilă intensitate a curentului de rupere anticipată este egală cu 0,4 — 0,5 Î şi, pentru acest caz, valorile experimentale şi cele teoretice ale supratensiunilor de deconectare în gol a circuitelor inductive sînt foarte apropiate.

La deconectarea în gol a transformatoarelor, repartiţia valorilor instantanee ale curenţilor de rupere anticipată este similară celei prezentate în figura 12. În acest caz, însă, s-a constatat experimental că supratensiunile sînt mai mici decît cele care apar în timpul ruperii unui curent echivalent sinusoidal, limitat prin bobine de inductanţă, deşi toate celelalte mărimi au fost aceleaşi. Acest lucru se explică prin influenţa diferită a inductanţelor cu fier şi în aer asupra desfăşurării procesului de apariţie a supratensiunilor a căror valoare depinde de energiile, magnetică şi electrică, puse în joc la deconectare.

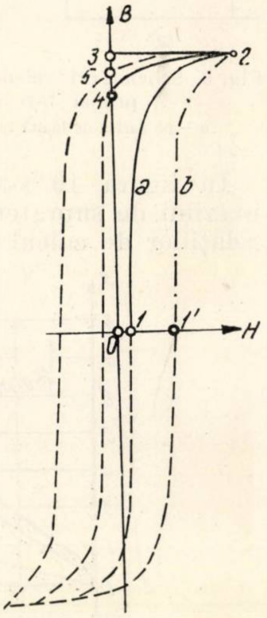


Fig. 13. Variaţia curbelor de magnetizare şi a energiei magnetice acumulată în cîmpul magnetic la deconectarea în gol a unui transformator monofazat :

a – pentru frecvenţa curentului egală cu 50 Hz ;
b – pentru frecvenţa curentului egală cu 60 Hz.

La deconectarea în gol a transformatoarelor, o parte din energia acumulată în cîmpul magnetic se transformă în căldură, în miez (efectul hysteresis) şi astfel se reduce energia de oscilaţie liberă care provoacă supratensiuni şi se amortizează fenomenele tranzitorii.

Pentru a scoate în evidenţă acest fapt, se va stabili bilanţul energetic ţinînd seamă de curba hysteresis a unui transformator monofazat, dat în figura 13.

La creşterea curentului de la zero la valoarea sa de creastă, energia magnetică acumulată în cîmpul magnetic, în unitatea de volum, dată de relaţia generală :

$$W_\mu = \int_0^B H \cdot dB \tag{16}$$

corespunde în particular suprafeţelor S_{0123} sau $S_{01'23}$, care, conform figurii 13, cresc cu frecvenţa. Se apreciază că lărgirea buclei hysteresis creşte cu 10—20 % cînd frecvenţa curentului de serviciu s-a dublat (de la 50 Hz la 100 Hz).

Cînd curentul descreşte încet către valoarea zero, cantitatea de energie magnetică liberă, care contribuie la ridicarea tensiunii la transformator, este aproximativ proporţională*) suprafeţelor S_{234} sau S_{235}. Diferenţa energiilor proporţionale suprafeţelor S_{0123} şi S_{234}, sau $S_{01'23}$ şi S_{235}, reprezintă energia magnetică proporţională suprafeţelor S_{0124} sau S_{0125}, care se transformă în căldură şi are un efect de amortizare asupra fenomenelor tranzitorii apărute la deconectare.

Dacă se compară energia magnetică liberă şi cea care se transformă în căldură, corespunzătoare figurii 13, se constată că cu cît frecvenţa de oscilaţie a curentului creşte, cu atît amortizarea va fi mai puternică şi energia magnetică liberă va fi mai mică. Ca urmare, la frecvenţe de oscilaţie ridicate, efectul deconectării în gol a transformatoarelor este mai redus, iar supratensiunile tind către anumite valori, mai mici decît cele calculate.

Aceeaşi influenţă asupra energiei magnetice libere, care determină supratensiuni la transformator, se poate constata dacă se interpretează aspectul energetic în funcţie de momentul ruperii curentului.

Fie i_a intensitatea curentului de rupere anticipată a curentului din întreruptor. Datorită descărcărilor în întreruptor în timpul reaprinderilor arcului electric, trecerea prin zero a curentului în transformator este în avans faţă de trecerea naturală prin zero a acestuia.

Dacă curentul din întreruptor este rupt anticipat în punctele *3* sau *4*, cînd el creşte sau descreşte (semiperioada pozitivă), curentul din transformator se va anula, urmînd curbele *3—6*, respectiv *4—5*, din figura 14. În primul caz al ruperii, corespunzător punctului *3*, energia magnetică liberă este proporţională suprafeţei S_{369}.

Curba *4—5*, corespunzătoare cazului 2 al ruperii, este situată puţin deasupra curbei *2—7*, astfel că energia magnetică liberă scade într-o oarecare măsură, fiind proporţională cu suprafaţa S_{458}.

Această micşorare a energiei magnetice libere, proporţională suprafeţei S_{457}, care se face concomitent cu creşterea energiei de amortizare, este cu atît mai sensibilă cu cît intensitatea curentului de rupere anticipată este mai apropiată de valoarea de creastă a curentului de mers în gol al transformatorului.

Transformatoarele cu tensiuni nominale de 110—400 kV au, în general, curenţi de magnetizare a căror intensitate variază în limitele de 2 şi 15 A [6]. În unele cazuri, prin folosirea miezurilor magnetice laminate la rece [7], a miezurilor cu cristale orientate [8] şi prin reducerea întrefierurilor, s-au micşorat intensităţile curenţilor de magnetizare sub limita inferioară indicată. Astfel, pentru transformatoare de 400 kV, intensitatea curentului de magnetizare poate fi de 0,4 A, sau chiar mai mică, iar pentru transformatoare de 500 kV, de 1,3 A [9]. În acest fel este redusă posibilitatea apariţiei unor supratensiuni periculoase la decontarea în gol a transformatoarelor, prin mijloace constructive.

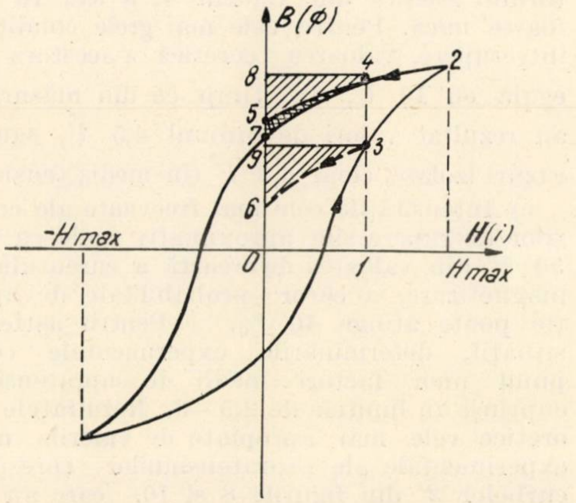


Fig. 14. Variaţia energiei magnetice libere la deconectarea în gol a unui transformator, ţinînd seamă de curba de hysteresis.

Concluzii

În urma examinării problemei supratensiunilor care pot apărea la deconectarea în gol a transformatoarelor şi a factorilor care le influenţează, se pot reţine următoarele concluzii:

a) La deconectarea în gol a transformatorului este posibilă apariţia de supratensiuni, ale căror valori depind de intensitatea curentului de rupere anticipată, de frecvenţa de oscilaţie a circuitului întrerupt şi de puterea reţelei electrice faţă de nodul examinat.

b) Supratensiunile determinate prin calcul, în anumite condiţii de întrerupere, sînt mai mari decît cele determinate experimental.

Calculul lor se poate face scriind bilanţul energetic pentru schema echivalentă a circuitului întrerupt, în condiţiile de întrerupere impuse. Valoarea maximă a supratensiunilor, reieşită în cele mai grele condiţii de întrerupere (ruperea valorii de creastă a curentului de magnetizare), care de altfel apar rar, este direct proporţională cu raportul (ν_μ/ω). Determinările statistice, făcute pe baze experimentale, arată că probabilitatea unei astfel de întreruperi este sub 4%, sau chiar mai mică. De aceea şi probabilitatea apariţiei celor mai mari supratensiuni la deconectarea în gol a transformatorului reieşite din figurile 4, 8 sau 10 este foarte mică. Pentru cele mai grele condiţii de întrerupere, valoarea teoretică a acestora este egală cu 10 $\hat{U}$, în timp ce din măsurători au rezultat valori de ordinul 4,5 $\hat{U}$, sau, în cazuri izolate, chiar 6,2 $\hat{U}$ (în media tensiune).

---

*) În realitate, aceste suprafeţe sînt mai mici, datorită influenţei reaprinderilor arcului electric, care determină anularea curentului în transformator, în avans faţă de trecerea naturală prin zero a acestuia. Ca urmare, descreşterea curentului în transformator la zero se va face pe o curbă modificată, ca în figura 14.

c) Intensităţile cele mai frecvente ale curenţilor de rupere sînt aproximativ egale cu 40—50 % din valoarea de creastă a curentului de magnetizare, a căror probabilitate de apariţie poate atinge 40 %. Pentru astfel de situaţii, determinările experimentale corespund unor factori medii de supratensiune, cuprinşi în limitele de 2,5—3. Rezultatele teoretice cele mai apropiate de valorile medii experimentale ale supratensiunilor corespund curbelor *2* din figurile 8 şi 10, care au fost trasate pentru o intensitate de rupere egală cu 0,5 $\hat{I}_\mu$.

d) Valoarea supratensiunilor de deconectare este influenţată de raportul de transformare. În general, supratensiunile sînt mai ridicate la deconectarea în gol a transformatoarelor pe partea de înaltă tensiune.

e) Construcţia transformatorului influenţează, de asemenea, valoarea supratensiunilor. Pentru transformatoare cu miez magnetic format din tole laminate la rece, cu cristale orientate şi cu întrefieruri micşorate, intensitatea curenţilor de magnetizare este foarte mică, în unele cazuri sub 1 A, iar factorul mediu de supratensiune nu depăşeşte valoarea 2.

f) Pentru aceleaşi condiţii de întrerupere, valoarea supratensiunilor este mai mare la ruperea unor curenţi sinusoidali echivalenţi. Acest lucru se explică prin influenţa ciclului hysteresis, la deconectarea în gol a transformatoarelor, care se manifestă prin reducerea energiei magnetice libere şi prin amortizarea fenomenelor tranzitorii care apar la deconectare.

Bibliografie

[1] Baatz, H. *Überspannungen in Hochspannungsnetzen* — Springer Verlag, 1956, p. 219—232.

[2] Hortopan, Gh. *Aparate electrice.* Curs, Editura didactică şi pedagogică, 1967, p. 300—307.

[3] Iacobescu, Gh. *Influenţa arcului electric la econectarea curenţilor inductivi mici.* Bul. Inst. politehnic „Gh. Gheorghiu-Dej" nr. 1, 1966.

[4] Iacobescu, Gh. *Supratensiuni produse la deconectarea curenţilor mici.* Energetica nr. 3, 1966.

[5] Baltensperger, P. *Forme et grandeur des surtensions apparaissant lors de la coupure de faibles courants inductifs dans les réseaux à haute tension.* Revue Brown Boveri, 1960, p. 195—224.

[6] Slamecka, E. *Prüfung von Hochspannungs-Leitungsschaltern.* Springer Verlag, 1966, p. 75—99.

[7] Burgsdorf, V.V. *Perenapriajeniia i urobni izoliaţii elektriceskih setei 110—220 kV.* Elektricestvo nr. 4, 1967, p. 34—42.

[8] Roth, H. *Schaltüberspannungen im praktischen Netzbetrieb.* Ö.Z.E., Heft 6, 1966.

[9] Foti, A. şi Lakas, T.M. *E.H.V. Switch Tests and Switching Surges.* Transactions A.I.E.E. 1964, p. 226—271.

[10] Baatz, H., Waste, W, şi Zaduk, H. *Überspannungen beim Abschalten leerlaufenden Transformatoren und Leitungen.* ETZ — A, Heft 7, 1955.

[11] Roth, W.A. şi Strickler H.R. *Étude de la réduction des surtensions résultants du déclenchement de transformateurs marchant à vide.* CIGRE 1954, Rap. 129.

[12] Le Verre, P. *Les surtensions lors de la coupure de faibles courants inductifs en haute tension* R.G.E., nr. 2, 1963, p. 91—102.

[13] Meyer, H. *Les problèmes fondamentaux que pose la construction des disjoncteurs.* Revue Brown Boveri, 1950, p. 108—122.

[14] Bozorth, M.R. *Ferromagnetism*, Chapter 11. 1959.

[15] Baltensperger, P. *Surtensions lors du déclenchement de faibles courants inductifs.* CIGRÉ 1950, Rap. 116.

[16] Küpfmüller, K. *Einführung in die theoretische Elektrotechnick.* Springer — Verlag, 1959, p. 202—215.

(Articol intrat în redacţie la 2 februarie 1968)

Analiza cu calculatorul electronic a economiei de combustibil realizabilă prin termoficare

Dr. ing. C. Wlezek*)

După cum se știe, unul dintre principalele avantaje economice ale termoficării îl constituie economia de combustibil, care se realizează în cazul în care se produce combinat energie electrică și căldură într-o centrală de termoficare (CET), față de soluția producerii separate a energiei electrice în centrale electrice cu condensație (CTE) și a căldurii în cazane individuale din clădiri (CI) sau centrale termice (CT).

Apare astfel indicată analizarea atentă a modului în care se realizează economia de combustibil în termoficare, factorii de care depinde, ponderea acestora etc., astfel încît în concepția, proiectarea și exploatarea sistemelor de termoficare să se aleagă cele mai economice soluții și cele mai indicate valori ale parametrilor.

Datorită numărului mare de factori care influențează calculul economiei de combustibil realizabilă prin termoficare, analiza acesteia prin metoda variantelor este greoaie și nu permite un studiu sistematic. S-a simțit nevoia să se elaboreze o metodă de calcul analitică.

În cele ce urmează se prezintă o astfel de metodă de calcul a economiei de combustibil în termoficare care să permită efectuarea studiului cu ajutorul unui calculator. În elaborarea acestei metode s-a plecat de la formulele și indicațiile din literatura de specialitate [1], [2], care s-au sintetizat într-o expresie matematică ce reflectă influența tuturor factorilor interni și externi ai sistemului de termoficare.

1. Determinarea formulei de calcul

Cantitatea totală de căldură consumată anual în instalațiile de cazane de la CET se poate determina, din considerente elementare, cn următoarea formulă :

$$B_{CET} = \left(\frac{Q_{cons}}{\eta r} + \frac{0{,}86\, E^{T}_{CET}}{\eta m \cdot \eta g}\right)\frac{1}{\eta c} + E^{cd}_{CET} \cdot b^{cd}_{CET} \left[\frac{\text{Gcal}}{\text{an}}\right], \tag{1}$$

unde

B_{CET} este consumul de combustibil sub formă de căldură la centrala de termoficare, $\frac{\text{Gcal}}{\text{an}}$;

Q_{cons} — consumul anual de căldură al consumatorului termic, $\frac{\text{Gcal}}{\text{an}}$;

ηr — randamentul rețelei de termoficare ;

E^{T}_{CEC} — cantitatea anuală de energie electrică produsă în regim de termoficare, 10^3 kWh ;

E^{cd}_{CET} — cantitatea anuală de energie electrică produsă în coada de condensație a centralei de termoficare, 10^3 kWh ;

b^{cd}_{CET} — consumul specific de căldură pentru energia electrică produsă în coada de condensație a centralei de termoficare, $\frac{\text{Gcal}}{10^3\,\text{kWh}}$;

ηc — randamentul mediu anual al cazanelor de abur ;

ηg — randamentul mediu anual al generatorului ;

ηm — randamentul mecanic mediu anual.

În mod corespunzător, pe baza acelorași considerente, consumul anual de combustibil sub formă de căldură la CTE și CI se va determina cu ajutorul formulelor :

$$B_{CET} = (E^{T}_{CET} + E^{cd}_{CET})\, b_{CTE} \left[\frac{\text{Gcal}}{\text{an}}\right], \tag{2}$$

în care b_{CTE} este consumul specific de căldură pentru energia electrică produsă în centrala de condensație, $\frac{\text{Gcal}}{10^3\,\text{kWh}}$;

și

$$B_{CI} = Q_{cons} \cdot b_{CI} \left[\frac{\text{Gcal}}{\text{an}}\right], \tag{3}$$

unde b_{CI} este consumul specific de căldură pentru producerea căldurii în instalația de centrale individuale, $\frac{\text{Gcal}}{\text{Gcal}}$.

Ca urmare, economia de combustibil realizabilă prin termoficare față de alimentarea separată va rezulta din formula :

$$\Delta B = (B_{CTE} + B_{CI}) - B_{CET} \left[\frac{\text{Gcal}}{\text{an}}\right]. \tag{4}$$

În formula (4), dacă se înlocuiesc expresiile matematice date de (1), (2) și (3) și se fac substituțiile și dezvoltările impuse de faptul că

$$E_{T} = y^{an}_{m} \cdot Q^{P}, \tag{5}$$

---

*) Ing. Camil Wlezek este șef de proiect complex la Institutul de studii și proiectări energetice.

unde

y_m^{an} este indicele de termoficare mediu anual $\frac{\text{kWh}}{\text{Gcal}}$;

Q^P — cantitatea anuală de căldură livrată din prizele turbinelor de termoficare, $\frac{\text{Gcal}}{\text{an}}$;

și că

$$b_{CET}^{cd} - b_{CTE}^{cd} = \Delta b_{CET}^{cd}, \tag{6}$$

iar

$$E_{CET}^{cd} = P_{CET} \cdot h^E - E_T, \tag{7}$$

unde

P_{CET} este puterea electrică a centralei de termoficare, kW;

h^E — durata de utilizare a puterii electrice instalate, h/an,

se va obține:

$$\Delta B = Q^P \left[0{,}86\, y_m^{an} \left(\frac{1}{\eta_{CET}^{cd}} - \frac{1}{\eta m \cdot \eta g \cdot \eta_{CET}^{caz}}\right) + \right.$$

$$\left. + \left(\frac{\eta r}{\eta_{CI}} - \frac{1}{\eta_{CET}^{caz}}\right)\right] + Q^C \frac{\eta r}{\eta_{CI}} - \frac{1}{\eta_{CET}^{c}}\Big) -$$

$$- (P_{CET} \cdot h_E - E_T)\, \Delta b_{CET}^{cd}, \tag{8}$$

unde Q^C este cantitatea anuală de căldură livrată din cazanele de vîrf, Gcal/an, iar randamentele au indici aferenți rețelei de termoficare, centralei de termoficare și centralei termice de cvartal.

Dacă se fac înlocuirile următoare:

$$P_{CET} = \frac{q^P \cdot y_m^{an}}{a_{CET}}, \tag{9}$$

unde

$a_{CET} = \frac{P_T}{P_{CET}}$ este raportul dintre puterea turbinei în termoficare, P_T, și puterea totală a urbinei, P_{CET};

q^P — debitul orar al prizei de termoficare, $\frac{\text{Gcal}}{\text{h}}$; se va putea scrie că paranteza

$$P_{CET} \cdot h^E - E^T = Q^P \left(\frac{h^E}{h^P} \cdot \frac{1}{a_{CET}} - 1\right) \cdot y_m^{an}, \tag{10}$$

unde

$$h^P = \frac{Q^P}{q^P} = \delta_p \frac{Q}{q} = \frac{\alpha_{CET}^{an} \cdot Q}{\alpha_{CET}^{h} \cdot q} \tag{11}$$

reprezintă durata de utilizare a debitului nominal la prizele de termoficare, $\frac{\text{h}}{\text{an}}$,

iar h^E = [h/an] este durata de utilizare a sarcinii electrice.

Exprimînd raportul $\frac{h^E}{h^P}$ în valori relative:

$\left(\nu_E = \frac{h^E}{8760}\right)$ și ținînd seama că $h^P = h \cdot \delta_p$ (12)

este o constantă pentru o anumită situație, rezultă:

$$\frac{h^E}{h^P} = \frac{1}{\delta_p} \cdot \frac{\nu_E}{\nu_t}. \tag{13}$$

Făcînd înlocuirile în formula de mai sus și exprimînd economia de combustibil raportată la unitatea de căldură livrată, se obține:

$$\Delta b = \alpha_{CET}^{an} \left[0{,}86\, y_m^{an} \left(\frac{1}{\eta_{CET}^{cd}} - \frac{1}{\eta m \cdot \eta g \cdot \eta c}\right) + \right.$$

$$\left. + \left(\frac{\eta_r}{\eta_{CI}} - \frac{1}{\eta_c}\right)\right] + (1 - \alpha_{CET}^{an}) \left(\frac{\eta_r}{\eta_{CI}} - \frac{1}{\eta_c}\right) -$$

$$- \alpha_{CET}^{nn} \left(\frac{1}{\delta_p} \cdot \frac{\nu_E}{\nu_t} \cdot \frac{1}{a_{CET}} - 1\right) \times y_m^{an}\, \Delta b_{CET}^{cd}, \left[\frac{\text{Gcal}}{\text{Gcal}}\right], \tag{14}$$

în care, înlocuind:

$$m = 0{,}86\, y_m^{an} \left(\frac{1}{\eta_{CET}^{cd}} - \frac{1}{\eta m \cdot \eta g \cdot \eta c}\right) \tag{15}$$

— termen ce reprezintă influența producției combinate de căldură și energie electrică;

$$n = \frac{\eta_r}{\eta_{CI}} - \frac{1}{\eta_c} \tag{16}$$

— termen ce reflectă influența centralizării alimentării cu căldură;

$$r = y_m^{na}\, \Delta\, b_{CET}^{cd} \tag{17}$$

— termen ce reflectă influența negativă a producerii de energie electrică în coada de condensație a centralei de termoficare,

se va obține:

$$\Delta b = n + \alpha_{CET}^{an} \left[m - r \left(\frac{1}{\delta_p} \cdot \frac{\nu_E}{\nu_T} \cdot \frac{1}{a_{CET}} - 1\right)\right], \left[\frac{\text{Gcal}}{\text{Gcal}}\right]. \tag{18}$$

Formula (18) redă caracteristicile principale ale economiei de combustibil care se obține prin termoficare, și analiza ei permite să se tragă următoarele concluzii:

a) economia de combustibil realizată prin termoficare crește cu creșterea coeficientului de termoficare anual. La această creștere contribuie atît efectul producției combinate, cît și al centralizării alimentării;

b) economia de combustibil este influențată pozitiv chiar de debitul de căldură de vîrf, dacă termenul n este pozitiv;

c) economia de combustibil este influențată negativ de cel de-al treilea termen. În forma prezentată, acesta are o structură complexă, arătînd atît influența dintre duratele de utilizare a sarcinii electrice și termice, mărindu-se cu cît raportul dintre ele crește, cît și influența structurii consumului de căldură, crescînd cu creșterea cotei de apă caldă menajeră (γ).

În acest termen este reflectat, de asemenea, și specificul turbinelor de termoficare, prin diferența de consum specific din coada de condensație, cît și structura constructivă a turbinei, prin termenul a_{CET}.

Avînd în vedere aceste elemente, în cele ce urmează se studiază influența asupra economiei de combustibil, realizată în termoficare, a coeficientului de termoficare orar (α_h), a structurii consumului de căldură (γ), a tipurilor grupurilor de termoficare urbană, a coeficienților m, n, r etc.

Studiul s-a realizat cu ajutorul unui calculator CIFA—4, după ce în prealabil s-au stabilit premisele de calcul și domeniile de variație a parametrilor.

2. Premise și ipoteze de calcul și domeniul de variație a constantelor

Variația economiei de combustibil care se realizează în regim de termoficare, conform relației (18), s-a studiat în actuala lucrare pentru următoarele premise :

a) grupuri specializate de termoficare urbană de 25, 50, 100 și 250 MW ;

b) la aceste grupuri s-a considerat că se poate produce puterea nominală în termoficare ($a_{CET} = 1$), sau numai o parte ($a_{CET} = 0,8$) ;

c) comparația se face cu centrale cu condensație din sistemul energetic național, m și r avînd valorile ce se vor indica mai jos ;

d) variantele de comparație, din punctul de vedere al calității termoficării, reflectată prin coeficientul n, sînt cele indicate mai jos ;

e) pentru structura consumului, s-a luat în considerare atît un consum numai de încălzire ($\gamma = 0$), cît și un consum combinat ($\gamma = 0,20$ și $0,30$) ;

f) durata de utilizare a sarcinii electrice s-a considerat de 5000, 6000 și 7000 h/an ;

g) combustibilul folosit în centrala de termoficare și centralele din sistem s-a considerat a fi gazul metan.

Coeficientul n, care reflectă influența centralizării producției de căldură, are valori cuprinse între $-0,335$ și $+0,525$, după calitatea instalațiilor din centrala de termoficare și din centrala termică.

Pentru calcule, s-au luat în considerare :

$n = -0,20$, ceea ce corespunde unei termoficări cu instalații cu randament scăzut (rețeaua de termoficare 90%, cazanele de abur 85%), comparativ cu cazane individuale cu randament ridicat (93%) ;

$n = 0$, ceea ce corespunde cu o termoficare bună, realizată cu instalații cu randamente ridicate (rețeaua de termoficare 95%, cazane de abur 93%) ;

$n = +0,20$, ceea ce reprezintă comparația unei termoficări realizate cu instalații cu randamente bune (rețeaua de termoficare 95%, cazane de abur 90%), comparativ cu instalațiile de cazane individuale, cu un randament de 70%.

Coeficientul m, care reprezintă influența producției combinate de energie și căldură, poate avea valori cuprinse între $0,258\ y_m^{an}$ și $1,665\ y_m^{an}$, după cum se compară termoficarea cu centrale cu condensație.

Deoarece în calculele de față comparația se face cu o centrală cu condensație din sistem, echipată cu grupuri de mare putere, cu randamente bune ($\eta_{CTE} = 0,36$), se va adopta pentru m valoarea : $m = 1,43\ y_m^{an}$.

Variația valorilor pentru randamentele mecanice ale generatoarelor și ale cazanelor pentru diferitele grupuri de termoficare este redusă, astfel că se neglijează.

Coeficientul r, care reflectă influența negativă a producerii de energie electrică în coada de condensație de la CET, capătă valori în funcție de grupurile luate în comparație. Diferența de consum Δb_{CET}^{cd} apare nu numai datorită deosebirilor de echipament, dar și datorită condițiilor de funcționare a CTE și CET și, într-o mare măsură, datorită diferenței dintre puterile ambelor tipuri de centrale electrice.

În cazul de față, conform metodologiei aplicate în Ministerul Energiei Electrice, comparația s-a făcut cu consumurile grupurilor de 200—300 MW, instalate în centrale cu condensație, iar pentru r s-au luat valori de la caz la caz.

Pe baza acestor premise, pentru valorile de calcul ale lui α_h, y_m^{an}, n, ν_E, ν, a_{CET}, Δb_{CTE}^{cd}, α_{an}, date în tabela 1, s-a întocmit programul de calcul la calculatorul CIFA—4.

3. Programul de calcul la calculatorul CIFA—4

Programul a fost întocmit ținînd seamă de caracteristicile principale ale calculatorului, și anume :

— memoria : 512 adrese ;

— viteza de lucru : 60—70 operații pe secundă ;

— virgulă fixă.

Ultima caracteristică, care implică necesitatea nedepășirii unității, atît în etapele intermediare ale calculului, cît și la rezultatul final, a determinat ca formula de calcul (18) să fie scrisă sub forma :

$$0,1\ \Delta b_{ijk}^{mnps} = \alpha_{an_i}^{p.m}\left[0,143\ y_j - r_j\left(\frac{\alpha_{hi}^{pm}}{\alpha_{ai}^{pm}}\cdot\frac{\nu'_{E.k}}{\nu_{tm}\cdot a_n} - 0,1\right)\right] + 0,1\ n_s, \tag{18'}$$

Valorile coeficienţilor de calcul ai economiei de combustibil realizabilă prin termoficare *Tabela 1*

Coeficient de termoficare orar α_h	Coeficientul de termoficare anual α_{an}			Durata de utilizare a sarcinii electrice ν_E	Durata de utilizare a sarcinii termice ν_t	Raportul dintre puterea totală şi puterea în termoficare a_{CET}	Grupurile de termoficare								Calitatea termoficării n
							Indicele de termoficare ν_m^{an} [kWh/Gcal]				Diferenţa de consum specific de căldură Δb_{CET}^{cd} *) kcal/kWh				
	$\gamma=0$	$\gamma=20\%$	$\gamma=30\%$				T−25	T−50	T−100	T−250	T−25	T−50	T−100	T−250	
0,1	0,210	0,268	0,223	0,567 (coresp. 5 000 h/an)	0,213 (coresp. = 0)	0,8									−0,20
0,2	0,420	0,535	0,443												
0,3	0,640	0,658	0,665												
0,4	0,791	0,780	0,766	0,685 (coresp. 6 000 h/an)	0,374 (coresp. = 20 %)	1,0	410	610	650	780	700	440	250	100	0
0,5	0,900	0,886	0,870												
0,6	0,961	0,953	0,945												
0,7	0,987	0,985	0,984	0,800 (coresp. 7 000 h/an)	0,395 (coresp. = 30 %)										+0,20
0,8	0,995	0,994	0,993												
0,9	0,999	0,999	0,999												
1,0	1,000	1,000	1,000												

*) Calculat avînd $b_{CTE}=2400$kcal/kWh, iar b_{CET}^{cd}, pentru grupurile de 25, 50, 180, 250 MW, fiind respectiv de 3100 kcal/kWh, 2840 kcal/kWh, 2650 kcal/kWh, 2500 kcal/kWh.

unde $\nu'_{E_k} = 0{,}1\nu_{E_k}$, iar i, j, n, p, s, m, k sînt indici de variaţie ai variabilelor.

Calculatorul permite variaţia indicilor în ordinea s, n, k, j, i, p, m; indicii k, j, i variază prin ciclare, iar variaţia indicilor δ şi n se obţine direct.

Programul este un program clasic de ciclare şi nu prezintă dificultăţi, însă cele 1350 soluţii studiate au obligat oprirea maşinii la schimbarea lui α şi γ. Un fragment din program se dă în tabela 2.

Rezultatele de calcul sînt prezentate sub formă de tabele, al căror model se dă în tabela 3, şi au fost exemplificate sub formă de diagrame, ale căror modele se dau în figurile 1 şi 2.

Din analiza acestor date se constată următoarele :

a) Economia de combustibil, realizată în termoficare, variază cu coeficientul de termoficare. Curba de variaţie prezintă în general un maxim, după care scade. Valoarea maximă depinde de structura consumului (γ, α_{an}, ν_T) şi de tipul şi mărimea grupului de termoficare.

Tabela 2

Fragment din programul la calculatorul CIFA — 4

Nr. ADRESEI	COD PROGRAM		Nr. ADRESEI	COD PROGRAM	
017	01−060	11−027	050	01−006	02−100
020	01−112	05−110	051	11−006	03−075
021	04−105	05−111	052	07−005	01−000
022	05−104	03−101	053	16−000	17−000
023	04−107	11−113	054	01−002	02−100
024	01−102	04−106	055	11−002	03−076
025	03−113	04−110	056	07−002	00−000
026	11−113	13−000	057		
027			060	01−120	04−101
030	02−113	16−000	061	01−123	11−104
031	01−027	02−100	062	01−125	11−105
032	11−027	03−071	063	01−130	11−107
033	07−027	01−016	064	01−134	11−106

ş. a. m. d.

Tabela 3

Cota de apă caldă $\gamma = 20\%$

		$a_{CET} = 1{,}0$			$a_{CET} = 0{,}8$		
		$n = 0{,}00$	$n = \pm 0{,}20$	$n = +0{,}20$	$n = 0{,}00$	$n = +0{,}20$	$n = -0{,}20$
Coeficient de termoficare $\alpha_h = 0{,}4$							
T−250−240 $(y_1 r_1)$	$\nu_E = 5000$ h/an	.087788767	.107788767	.067788766	.086613833	.106613834	.06661383
	$\nu_E = 6000$ h/an	.086810692	.106810692	.066810691	.085391240	.105391240	.065391239
	$\nu_E = 7000$ h/an	.085857483	.105857484	.065857483	.084199729	.104199729	.064199728
T−100−130 $(y_2 r_2)$	$\nu_E = 5000$ h/an	.071964778	.091964779	.051964778	.066289317	.086289318	.046289317
	$\nu_E = 6000$ h/an	.070921670	.090921671	.050921670	.068403288	.088403289	.048403288
	$\nu_E = 7000$ h/an	.069230494	.089230494	.049230493	.066289317	.086289318	.046289317
T−50−130 $(y_3 r_3)$	$\nu_E = 5000$ h/an	.075096799	.095096799	.055096798	.060268718	.080268719	.040268718
	$\nu_E = 6000$ h/an	.069311071	.089311071	.049311070	.064395189	.084395189	.044395188
	$\nu_E = 7000$ h/an	.066009894	.086009895	.046009894	.060268718	.080268719	.040268718
T−25−100 $(y_4 r_4)$	$\nu_E = 5000$ h/an	.054625644	.074625644	.034625643	.037422212	.057422213	.017422212
	$\nu_E = 6000$ h/an	.047091197	.067091197	.027091196	.041834646	.061834647	.021834646
	$\nu_E = 7000$ h/an	.043561250	.063561251	.023561250	.037422212	.057422213	.017422212
Coeficient de termoficare $\alpha_h = 0{,}5$							
T−250−240 $(y_1 r_1)$	$\nu_E = 5000$ h/an	.099182783	.119182784	.079182783	.097714117	.117714118	.077714117
	$\nu_E = 6000$ h/an	.097960190	.117960191	.077960190	.096185876	.116185876	.076185875
	$\nu_E = 7000$ h/an	.096768679	.116768679	.076768678	.094696487	.114696487	.074696486
T−100−130 $(y_2 r_2)$	$\nu_E = 5000$ h/an	.080465841	.100465841	.060465840	.073619887	.093619887	.053619886
	$\nu_E = 6000$ h/an	.079410328	.099410329	.059410328	.076262351	.096262351	.056262350
	$\nu_E = 7000$ h/an	.077296357	.097296358	.057296357	.073619887	.093619887	.053619886
T−50−130 $(y_3 r_3)$	$\nu_E = 5000$ h/an	.083559033	.10355903	.063559032	.065183667	.085183667	.045183666
	$\nu_E = 6000$ h/an	.076486608	.096486608	.056486607	.070341755	.090341756	.050341755
	$\nu_E = 7000$ h/an	.072360138	.092360138	.052360137	.065183667	.085183667	.045183666
T−25−100 $(y_4 r_4)$	$\nu_E = 5000$ h/an	.060799347	.080799347	.040799346	.039005395	.059005396	.019055395
	$\nu_E = 6000$ h/an	.051091626	.071091626	.031091625	.044520937	.064520938	.024520937
	$\nu_E = 7000$ h/an	.046679193	.066679193	.026679192	.039005395	.059005396	.019005395

Schema de prezentare a rezultatelor de calcul a economiei de combustibil obținute prin termoficare

Este de remarcat că, pentru grupuri de termoficare mici (T−25) și cote de apă caldă 0 − 20%, curba are o pantă accentuată, iar valoarea maximă a economiei de combustibil corespunde unui coeficient de termoficare de 0,35 − 0,5. Cu creșterea cotei de apă caldă ($\gamma = 30\%$), valoarea maximului se deplasează spre dreapta, către valoarea $\alpha_h = 0{,}6$.

Pentru grupurile de termoficare mari și foarte mari (T−100, 250), se observă o creștere rapidă a curbei economiei de combustibil în zona coeficienților de termoficare mici, iar după trecerea maximului scăderea se face lent și este relativ mică.

Pentru grupurile mari se remarcă de asemenea deplasarea punctului maxim către valori ridicate ale coeficientului de termoficare, în general 0,6 − 0,7.

Se poate trage concluzia că, din punctul de vedere al economiei de combustibil, pentru grupuri de termoficare mari este interesant să se funcționeze cu coeficienți de termoficare cît mai ridicați.

b) Creșterea cotei de apă caldă menajeră aduce o mărire a economiei de combustibil. Creșterea economiei de combustibil este mult mai importantă la coeficienți mari de termoficare (peste 0,4) decît în cazul coeficienților mici de termoficare. De asemenea, creșterea cotei de apă caldă menajeră are o influență mult mai mare pentru grupurile mici, cărora o creștere a cotei de apă caldă de la „0“ la 30% le dublează economia de combustibil față de grupurile mari, la care creșterea este de numai 10 − 15%.

c) La grupurile de termoficare care dau toată puterea în termoficare ($a_{CET} = 1$), economia de combustibil este mai mare decît la grupurile care au $a_{CET} < 1$. Diferența se accentuează cu cît grupul este mai mic și cota de apă caldă mai redusă, putînd ajunge la 50% pentru grupurile T−25.

d) Economia de combustibil scade o dată cu creșterea duratei de utilizare a sarcinii electrice. Diferența este importantă pentru grupurile mici (50 − 60%) și foarte redusă pentru grupurile mari, care au consumuri specifice de căldură bune în coada de condensație.

e) Valoarea economiei de combustibil este mult influențată de randamentul instalațiilor

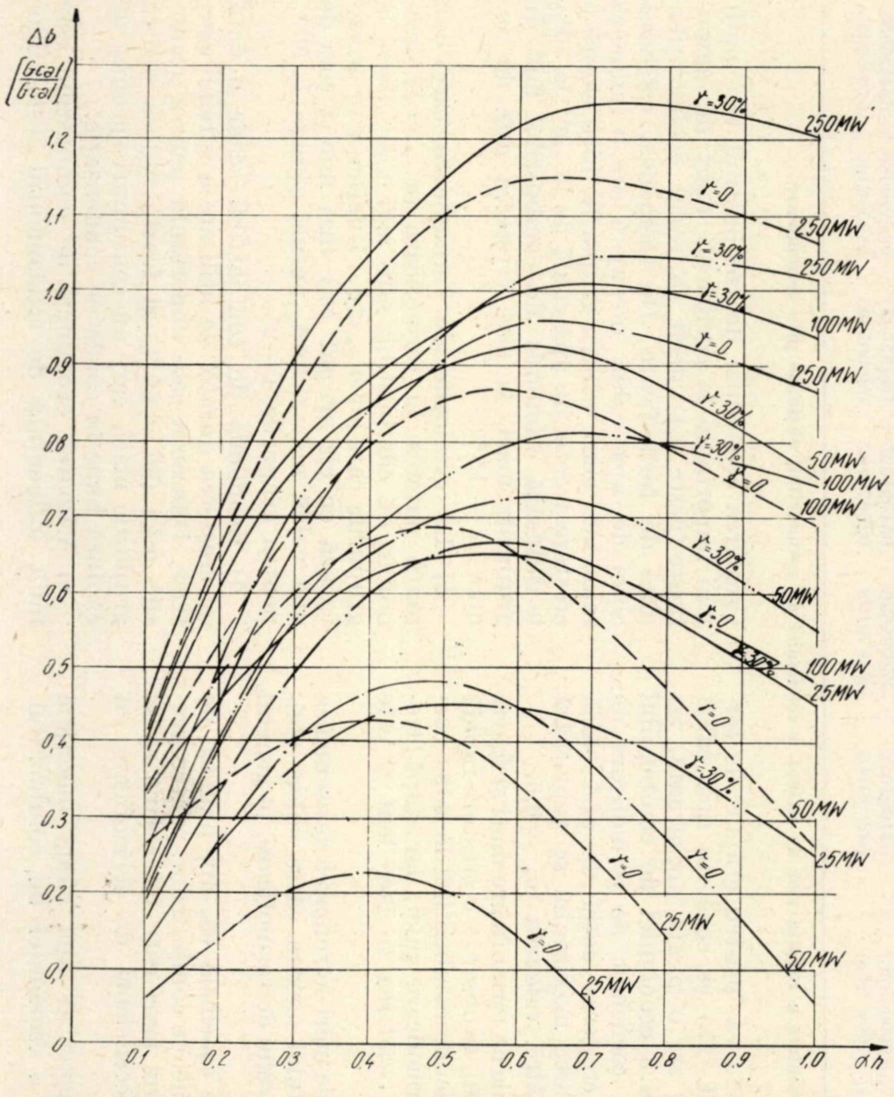


Fig. 1. Variația economiei de combustibil realizabilă în termoficare, în funcție de coeficientul de termoficare, pentru cazul $a_{CET} = 0{,}8$; $h = 6\,000$ h/an :

—·—	—··—	— — —	———
$a_{CET} = 0{,}8$	$a_{CET} = 0{,}8$	$a_{CET} = 0{,}8$	$a_{CET} = 0{,}8$
$n = 0$	$n = 0$	$n = +0{,}2$	$n = +0{,}2$
toate grupurile	toate grupurile	toate grupurile	toate grupurile
$\gamma = 0$	$\gamma = 30\,\%$	$\gamma = 0$	$\gamma = 30\,\%$
$\nu_E \sim 6000$ h/an	$\nu_E \sim 6000$ h/an	$\nu_E \sim 6000$ h/an	$\nu_E \sim 6000$ h/an

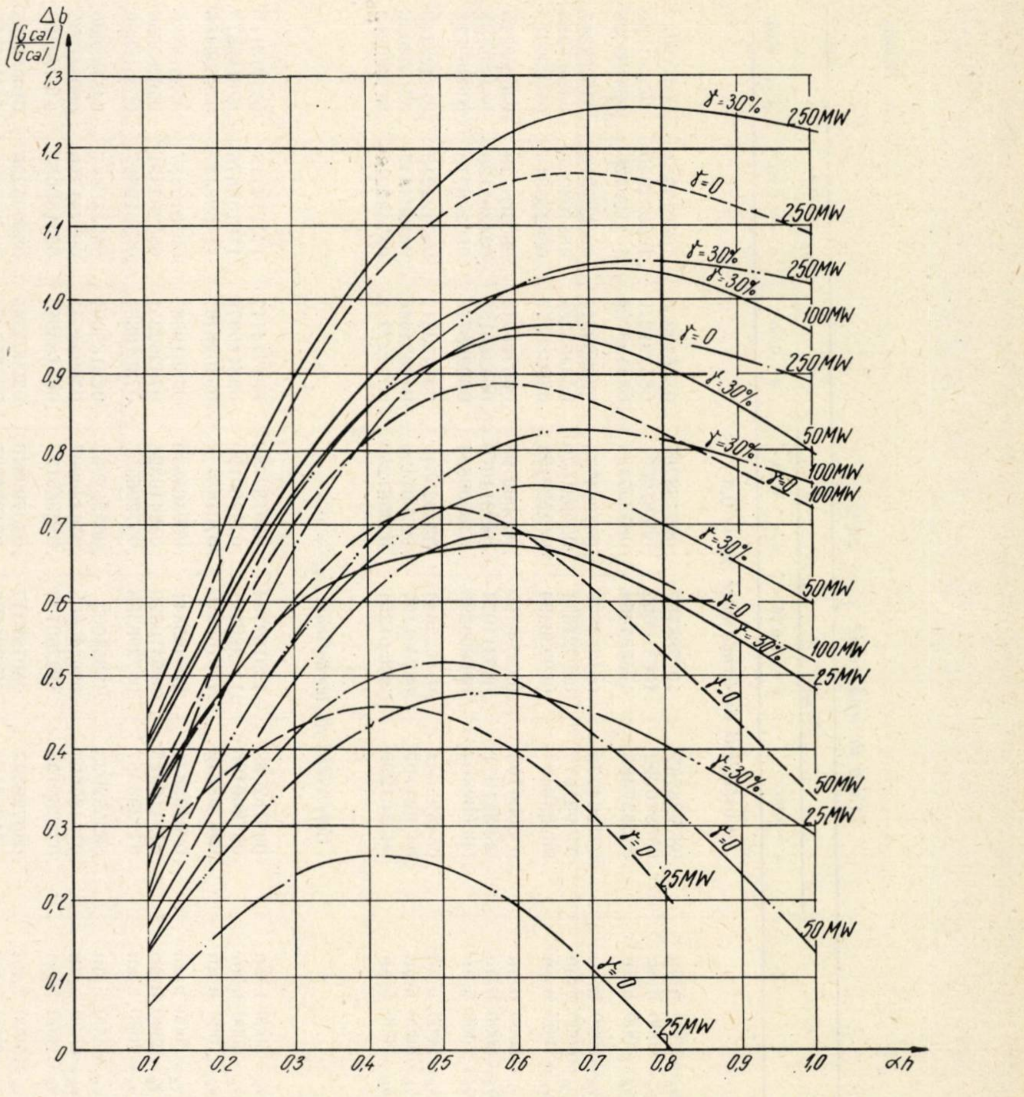


Fig. 2 Variația economiei de combustibil realizabilă în termoficare, în funcție de coeficientul de termoficare, pentru cazul $a_{CET} = 1$; $h = 7000$ h/an :

—·—	—··—	— — —	———
$a_{CET} = 1{,}0$	$a_{CET} = 1{,}0$	$a_{CET} = 1{,}0$	$a_{CET} = 1{,}0$
$n = 0$	$n = 0$	$n = +0{,}20$	$n = + 0{,}20$
toate grupurile	toate grupurile	toate grupurile	toate grupurlie
$\gamma = 0$	$\gamma = 30\,\%$	$\gamma = 0$	$\gamma = 30\,\%$
$\nu_E \sim 7\,000$ h/an	$\nu_E \sim 7\,000$ h/an	$\nu_E \sim 7\,000$ h/an	$\nu_E \sim 7\,000$ h/an

din centrală şi reţea, ajungîndu-se ca, în cazul unei termoficări bune ($n = 0{,}2$), comparativ cu o termoficare prost realizată ($n = -0{,}20$), să se atingă diferenţa de 30%. Cu cît grupurile sînt mai mici şi cota de apă caldă mai redusă, această influenţă se accentuează.

★

Economia de combustibil realizabilă prin termoficare depinde de un mare număr de factori, a căror influenţă este diferenţiată. Analizîndu-se ponderea acestor factori, pe baza unei formule analitice, cu ajutorul unui calculator, se scoate în evidenţă importanţa deosebită pe care o are pentru economia de combustibil utilizarea de grupuri de termoficare de putere mare, care pot da puterea nominală în regim de termoficare, precum şi creşterea cotei de apă caldă menajeră.

Bibliografie

[1] Dunaevski, N.I., *Bazele tehnico-economice ale termoficării.* Editura Tehnică, 1956.
[2] Stăncescu, I. D., *Bazele tehnice şi economice ale termoficării.* Editura Tehnică, 1961.
[3] Wlezek, C.H., *Determinarea temperaturilor optime în reţelele de termoficare urbană cu apă, în condiţiile din R.S. România.* Teză de doctorat, Institutul politehnic Gh. Gheorghiu-Dej, Bucureşti, 1966.

(Articol intrat în redacţie la 5 iunie 1968)

——— o ———

Din exploatare

Noi aspecte în măsurarea vibraţiilor la paletele turbinelor cu abur

Ing. V. Otobâcu *)

Siguranţa în exploatare a agregatelor energetice de puteri mari este condiţionată direct de rezistenţa la vibraţii a paletelor din ultimele trepte ale turbinelor. Laboratorul de vibraţii din cadrul Ministerului Energiei Electrice a avut ca problemă principală cercetarea frecvenţei oscilaţiilor la paletele rotorice şi, legat de această problemă, determinarea caracteristicilor principale ale vibraţiilor.

În acest scop, laboratorul foloseşte, pentru determinarea frecvenţelor, aparatul turbotest şi metoda rezonanţei cu excitaţia paletelor pe cale electromagnetică [1].

În situaţie statică se determină întregul spectru de frecvenţe, şi anume : oscilaţia tangenţială de ton 1, oscilaţia axială, oscilaţia de torsiune a paletei etc.

Ca dispunere a frecvenţelor în spectru pentru palete în pachete şi fixate pe disc, se pot spune următoarele : oscilaţia tangenţială ton 1 este cea mai joasă frecvenţă ; în spectru, mai departe, apar oscilaţiile axiale ale sistemului disc-paletă cu diverse diametre nodale, care cresc o dată cu creşterea numărului de noduri şi tind asimptotic la o valoare limită care reprezintă frecvenţa oscilaţiilor axiale ale pachetului de palete. Mai departe, după aceasta, urmează zona oscilaţiilor de torsiune ale pachetelor de palete, întîi cele cu nod în pachet, apoi cu două, trei, patru noduri.

Sînt şi cazuri cînd zona oscilaţiilor de torsiune cu un nod se suprapune peste zona oscilaţiilor axiale ale pachetelor.

După vibraţiile torsionale ale pachetului apar succesiv : zona tonului al doilea al vibraţiilor tangenţiale, oscilaţiile axiale de ton II şi oscilaţiile torsionale de ton II.

Pentru paletele de alt tip şi cu alt mod de fixare, spectrul de frecvenţă va căpăta altă formă.

Dacă paletele sînt montate pe tambur, vor lipsi oscilaţiile axiale disc-paletă.

De asemenea pentru pachetele de palete legate cu bandaje în şah şi montate pe tambur, cele mai inferioare valori apar pentru frecvenţele proprii ale tonului de bază al vibraţiilor şi apoi urmează vibraţiile cu 1—2 diametre nodale.

Trebuie acordată cea mai mare atenţie la determinarea spectrului de frecvenţe pentru a se avea date certe în stabilirea şi judecarea siguranţei în funcţionare a paletelor.

În continuare, în funcţie de datele geometrice ale paletelor, cu ajutorul a o seamă de formule [2] se stabileşte coeficientul B, care ţine seamă de creşterea rigidităţii paletelor sub acţiunea forţelor centrifuge în rotaţie. Se calculează apoi frecvenţa dinamică şi caracteristicile de vibraţie $\frac{f_d}{n}$ şi $\frac{n_z}{f_d}$, care determină rezervele respective în funcţionare.

O dată cu creşterea puterilor unitare ale turbinelor s-a constatat că fenomenele devin ceva mai complexe : lungimea paletelor din ultimele trepte a crescut mult, acestea fiind de secţiune variabilă şi mult răsucite, şi se introduc constructiv o seamă de elemente amortizoare, menite să micşoreze amplitudinea oscilaţiilor, prin aceasta mărindu-se siguranţa şi durata de funcţionare a paletelor. În acest caz, formulele nu mai pot cuprinde toţi factorii, şi s-a constatat că cea mai minuţioasă verificare a frecvenţelor oscilaţiilor libere nu garantează funcţionarea sigură a paletajului. Numai studiul vibraţiilor paletelor la turbine în funcţionare dă o imagine corectă a siguranţei lor, deoarece se reflectă imaginea reală a fenomenelor. Este necesar să se cerceteze excitaţia şi forţele de amortizare la paletele turbinelor în timpul funcţionării şi măsura în care se produce vibraţia în exploatare, astfel încît exactitatea metodelor teoretice şi empirice de calcul al caracteristicilor de vibraţii ale paletelor să poată fi verificată.

---

*)V. Otobâcu este inginer la întreprinderea ,,Energo-reparaţii''.

În cele ce urmează se vor enumera cîteva realizări din tehnica mondială în legătură cu această problemă.

În Anglia se acordă o atenţie deosebită la executarea încercărilor la vibraţii, pe turbina în funcţiune, sub sarcină [3].

Rotorul turbinei este înzestrat în prealabil cu tensometre cu sîrme, legăturile electrice ale acestora trecînd prin găurile radiale şi axiale ale arborelui spre colector.

Legăturile între cele 24 tensometre cu colectorul se fac printr-un comutator rotativ cuplat cu un tahometru de precizie de ±1 rotaţii pînă la 10 000 rot/min.

Toate aparatele de citire şi înregistrare, tabloul de comandă, laboratorul foto, legăturile dintre operator şi obiectul comandat sînt amplasate într-o remorcă de automobil specială.

Pe bandă magnetică se înregistrează simultan indicaţiile a trei tensometre, turaţia, dispoziţiile verbale ale operatorului şi indicaţiile vibrometrului. Desfacerea rapidă a oscilogramelor înregistrate pe bandă de magnetofon se face prin metoda desfacerii în componente cu ajutorul analizatorului de oscilaţii armonice.

Firma „General Motors" execută măsurări de tensiuni dinamice la paletele turbinelor cu gaze în regim de funcţionare [3].

Tensometrele cu sîrmă se înfăşoară direct pe piesă cu ajutorul unui dispozitiv. Pentru fixarea tensometrelor şi a legăturilor se utilizează o masă ceramică specială, care asigură rezistenţa lor la temperatura de 500—600 °C.

Folosirea unei aparaturi cu mai multe canale permite să se înregistreze simultan indicaţiile mai multor tensometre, ceea ce reduce considerabil timpul pentru încercare.

Înregistrarea pe bandă magnetică are importante avantaje în comparaţie cu înregistrarea pe film, pentru că ea poate fi repede analizată cu ajutorul analizatoarelor armonice, în timp ce filmul cere timp îndelungat de studiu.

În Cehoslovacia s-au efectuat măsurări la palete în rotaţie cu scopul de a se cerceta frecvenţa oscilaţiilor paletelor rotorice înguste şi răsucite, legate cu o sîrmă de amortizare, şi de a se determina mărimile solicitărilor dinamice în palete [4].

Aceste măsurări au fost făcute pentru ultima treaptă a corpului de joasă presiune de la maşina de 100 MW, construcţie Skoda (palete cu $l_p = 585$).

Controlul nivelului semnalului înregistrat se face cu un voltmetru electronic şi prin urmărirea vizuală a fenomenelor pe ecranul unui osciloscop catodic cu cinci canale.

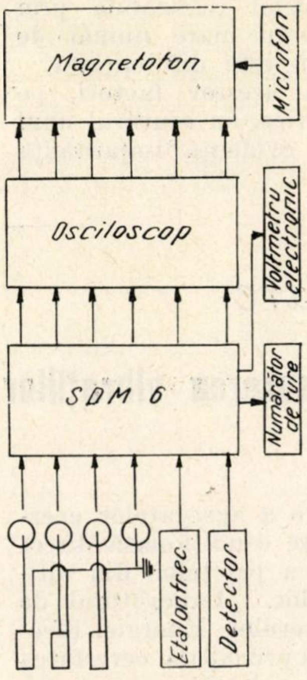


Fig. 1. Schema bloc pentru înregistrare.

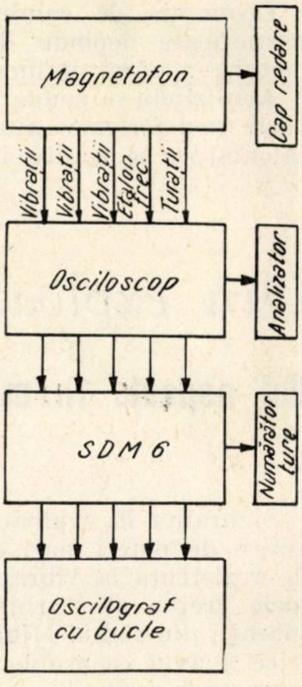


Fig. 2. Schema bloc pentru redare.

Schema bloc este arătată în figura 1, iar cea de redare, în figura 2.

La magnetofon se pot înregistra vibraţiile pe banda oscilografică şi, de aici, se poate evalua frecvenţa vibraţiilor şi mărimea solicitărilor dinamice ale paletelor.

Firma BBC [5], pentru determinarea experimentală a frecvenţelor proprii la palete, foloseşte metoda clasică a rezonanţei. Pentru încercările statice, excitaţia paletei se produce cu un excitator Goodman tip 790, care transmite mişcarea sa paletei prin ştiftul care se aşază cît mai aproape de paletă.

Frecvenţa vibraţiei a fost percepută, pe de o parte, cu un receptor magnetic cu spaţiu de aer variabil, care dă o tensiune alternativă de frecvenţă egală şi, pe de altă parte, cu un tensometru lipit pe paletă.

În momentul obţinerii unui maxim de amplitudine pe ecranul oscilografului, valoarea frecvenţei proprii se poate citi direct pe frecvenţmetru.

Încercările dinamice la disc şi paletă în mişcare se fac pe un dispozitiv special în acest scop. Ansamblul disc-palete se rotește antrenat de un electromotor, fiind închis într-o carcasă protectoare.

În Germania s-au făcut măsurări de vibrații la trei trepte de la mașina de 50 MW în exploatare, pentru a se obține date certe în privința comportării la vibrații a paletelor din ultimele trepte [6]. Aceste măsurări au fost precedate de alte măsurări de vibrații, efectuate la aceleași trepte, pe bancul de încercări FVAS, tot în condiții de exploatare.

Sînt demne de semnalat probele făcute de prof. dr. ing. Lőffler, de la Stuttgart, care, în urma experiențelor efectuate pe un disc ca cel din figura 3, obține diagrama frecvențelor proprii (fig. 4) pentru oscilații cu diametrele nodale 1—9 la turația zero, precum și creșterea frecvenței rezultată din calcul în urma efectului forței centrifuge.

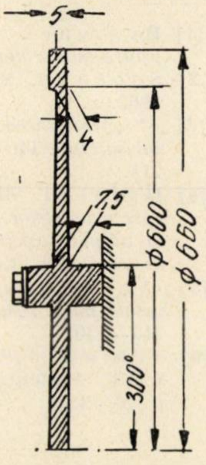


Fig. 3. Forma discului.

Pentru excitarea discului rotativ s-au folosit trei, respectiv patru electromagneți, care au fost atașați pe periferie sub 120°, respectiv 90°, și care au acționat asupra discului cu forțe statice axiale de circa 4 kgf.

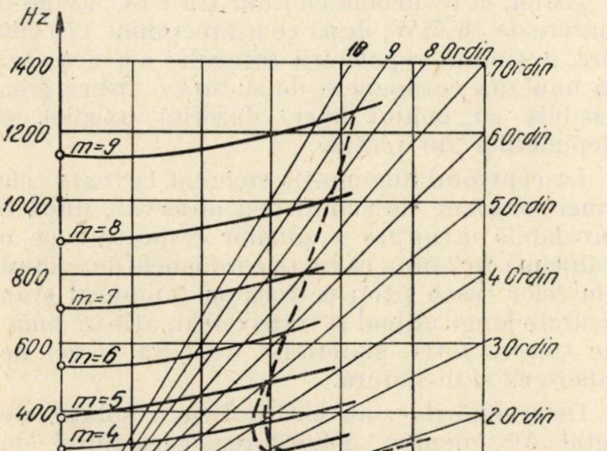


Fig. 4. Diagrama vibrațiilor pentru vibrații în evantai.

Ca „observator fix" a servit o bandă tensometrică de măsurare în direcția tangențială față de marginea discului, ale cărei variații de rezistență electrică au fost înregistrate cu un oscilograf (prin intermediul unor inele de contact și al unui amplificator).

Pe această cale s-a reușit să se excite rezonanța cu armonica a 3-a, a 4-a, a 6-a turație, ale căror puncte de rezonanță sînt reprezentate în figura 5. Ele concordă cu valorile calculate, pornind de la frecvențele proprii măsurate în stare de repaus.

În figura 5 sînt date rezultatele măsurărilor de presiune, din care s-au calculat amplitudinile maxime ale discului.

Lucrările experimentale enumerate mai sus demonstrează cu prisosință importanța ce se acordă determinării caracteristicilor de vibrații ale paletelor.

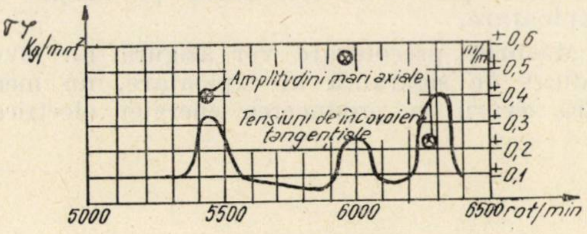


Fig. 5. Tensiunile tangențiale măsurate la discul în rotație.

Pentru exploatarea turbinelor se pot trage următoarele concluzii :

— Este necesar să se cunoască la toate mașinile spectrul de frecvență, rezultatele măsurărilor de vibrații obținute de fabrica constructoare și caracteristicile complete de vibrații, urmînd ca în exploatare să se controleze, cu ocazia reparațiilor, valorile statice ale frecvențelor.

Cele de mai sus urmează să se facă pînă în momentul soluționării problemei de măsurare a oscilațiilor și solicitărilor cu mașina în funcțiune.

— De asemenea, ca preocupări de primă urgență pentru cercetările în domeniul vibrațiilor, în afară de măsurile citate mai sus, sînt următoarele : determinarea cu ajutorul mașinilor de calcul electronice a datelor geometrice și a frecvențelor în mișcare pentru palete lungi, înguste și răsucite, precum și documentarea tehnică în legătură cu îmbunătățirea caracteristicilor de vibrații.

În felul acesta se va putea răspunde documentat la problema funcționării sigure a paletelor.

— În exploatare, de asemenea, trebuie să se facă măsurări de vibrații cu ocazia reparațiilor care, însoțite de măsurări de decrement logaritmic și cu comparația față de datele mașinii prin buletinele fabricii constructoare, să poată da o oglindă clară și precisă asupra comportării în funcționare a paletelor.

— O seamă de măsurări de decrement logaritmic vor da posibilitatea ca prin statistică să se stabilească o seamă de cifre de control care să indice cu precizie cînd solicitările în paletă au fost întrecute, precum și timpul cînd trebuie înlocuite, evitîndu-se avarii de mare amploare.

Din acestea rezultă că este foarte necesar ca pentru turbinele noi importate să se solicite de la bun început buletinele și caracteristicile de vibrații complete, precum și datele constructive ale profilelor de la paletele ultimelor trepte (palete mai lungi de 300 mm). Buletinele de vibrații trebuie să conțină rezultatele măsurărilor din timpul montajului, încercările experimentale de laborator, precum și măsurările făcute pe mașina în funcțiune la bancul de încercare.

Cele de mai sus sînt cu atît mai necesare, cu cît în prezent nu se dispune de aparatura necesară pentru a face probe pe mașini în exploatare.

Măsurile preconizate vor asigura un nivel ridicat de siguranță în exploatare, un mers fără avarii în producerea energiei electrice, dînd posibilitatea măririi duratei între reparații, și vor aduce economii însemnate în sectorul energetic.

Bibliografie

[1] Brebenel, D. *Folosirea fenomenului de rezonanță pentru măsurători, vibrații palete.* Energetica nr. 3, 1960.

[2] Subenko, S. ș.a. *Elemente turbine cu abur*. Moscova, 1962.

[3] * * *. *Măsurarea vibrației paletelor la o turbină cu abur sub sarcină.* The Engineer 217 nr. 5636, ian. 1966, p.209—215.

[4] Hyrat, I. *Măsurarea vibrațiilor și a solicitării dinamice a paletelor la ultima treaptă la turbina de 100 MW, în timpul funcționării.* Skoda Plzen. Institutul central de cercetări. Cercetări mecanice.

[5] * * *. *Vibrații cuplate pe încovoiere și torsionale ale unei palate mult răsucite în rotație.* B.B.C. nr. 3, 1966, p. 216—230.

[6] Tobias. *Vibrații neliniare ale discurilor rotative.* V.D.I. Berichte. Schwingungstechnik nr. 48, 1961, p 25—33.

(Articol intrat în redacție la 18 martie 1968)

Refacerea cordoanelor de sudură fisurate la rotoarele tip tambur ale turbinelor cu abur

Ing. Gh. Voinea *)

În ultimul timp, la turbinele cu abur cu durate mari de serviciu, au apărut mai multe cazuri de opriri forțate, ca urmare a fisurării cordoanelor de sudură prin intermediul cărora sînt asamblate părțile componente ale rotoarelor tip tambur.

Defecțiunile au apărut la mai multe mașini, cu durate de funcționare diferite, fiind depistate fie prin fenomenele anormale de comportare în exploatare, fie cu ocazia opririlor pentru reparații planificate.

Repararea rotoarelor a ridicat probleme deosebite și a necesitat procese tehnologice specifice, deoarece :

—piesele ce urmau să fie reparate nu trebuiau să aibă, după refacerea sudurilor și a tratamentului termic, deformații mai mari de 0,08 — 0,10 mm, deoarece, spre deosebire de cazul normal de execuție a lor, ele nu mai aveau adaosuri pentru o ulterioară prelucrare;

— se cereau suduri de rezistență și de calitate superioară, corespunzătoare solicitărilor ce apar la aceste rotoare de dimensiuni mari și la o turație de funcționare de 3000 rot/min ;

— se cerea ca operațiile de reparare să asigure păstrarea cît mai exactă a dimensiunilor canalelor de încastrare a paletelor, astfel încît să se poată folosi la repaletarea rotorului setul de palete existent în stoc.

Astfel, la o turbină cu abur tip BBC, avînd o putere de 16 MW, după ce a funcționat 170 000 ore, în timpul repaletării rotorului s-a detectat la unul din cordoanele de sudură o fisură greu vizibilă cu ochiul liber, datorită oxizilor și depunerilor de piatră.

La controlul amănunțit efectuat la toate cele cinci cordoane de sudură s-a observat, după o prealabilă strunjire a zonelor respective pe o adîncime de 2 mm, că toate cordoanele de sudură ale celor șase părți ce formau tamburul erau fisurate longitudinal și transversal, atît în zona de trecere între materialul de bază și cel de adaos, cît și în sudură.

Determinările s-au efectuat cu o soluție de nital 5% pentru delimitarea cordonului de sudură de materialul de bază, iar fisurile au fost puse în evidență cu soluții penetrante Spotcheck.

Cauza probabilă care a dus la ruperea cordoanelor de sudură este fenomenul de oboseală a îmbinărilor sudate, a căror rezistență este sensibil mai mică decît aceea a materialului de bază [6].

1. Lucrări premergătoare pentru stabilirea soluțiilor tehnologice de reparare

La determinarea compoziției chimice, a formei aproximative a canalelor cusăturilor și pentru urmărirea adîncimii de pătrundere a fisurilor s-a folosit metoda de găurire şi strunjire succesivă, aşa cum se arată în figura 1.

---

*) Ing. Gheorghe Voinea este inginer principal în cadrul serviciului metalurg-șef la ,,Energo-reparații''

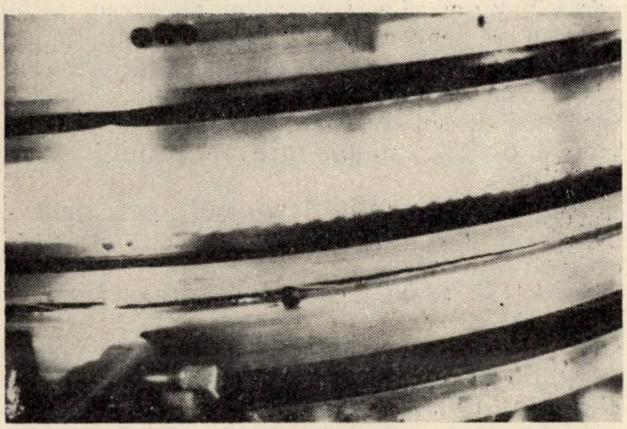


Fig. 1. Găurirea şi strunjirea cordoanelor de sudură.

Din şpanul prelevat din mai multe părţi ale rotorului şi din cordonul de sudură au rezultat următoarele analize chimice :

Locul de unde s-a luat materialul	Compoziţia chimică					
	C	Si	Mn	Ni		P
Rotor	0,44	0,27	0,72	1,69	0,032	0,030
Între rîndurile 22—23	0,44	0,26	0,70	1,68	0,032	0,031
Între rîndurile 14—15	0,44	0,25	0,65	1,70	0,031	0,030
Cordon sudură	0,40	0,24	0,67	0,71	0,032	0,031

Analiza metalografică efectuată pe un şlif metalografic din materialul rotorului indica un material omogen, cu o structură de normalizare avînd masa perlită sorbitică cu ferită în reţea.

În scopul verificării modului de îmbinare a discurilor care formează tamburul, s-a procedat la strunjirea totală a cordonului de sudură nr. 1 (fig. 2).

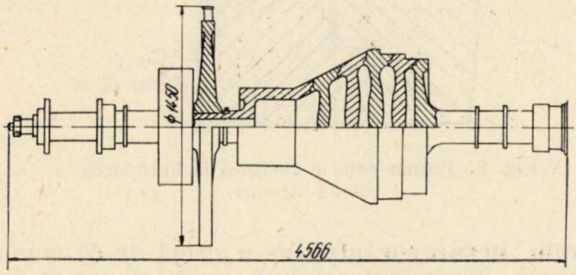


Fig. 2. Rotorul turbinei de 16 MW.

Îmbinarea discurilor este indicată în figura 3, ghidarea fiind făcută pe o lăţime de 6 mm şi cu un umăr de centrare în sens axial, care mai avea şi rolul de a ajuta la formarea rădăcinii cordonului de sudură şi la înlăturarea efectului de crestătură.

Fisurile porneau din interior spre exterior, rădăcina sudurii fiind oxidată şi erodată de condensatul ce pătrundea între discuri.

Refacerea cordoanelor s-a executat succesiv, astfel că la fiecare etapă tamburul era format din două părţi ce urmau să fie solidarizate prin cordonul de sudură. Cele două părţi au fost solidarizate în prealabil cu eclise introduse în canalele de palete adiacente cordonului şi strînse cu 16 şuruburi.

Aceasta constituia însă o etapă intermediară a execuţiei sudurii, deoarece servea numai pentru umplerea cu sudură a opt găuri echidistante, practicate înainte în zona cordonului de sudură.

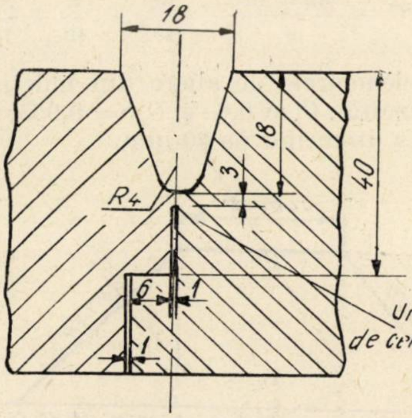


Fig. 3. Forma rostului la îmbinarea a două discuri.

Etapa intermediară a fost necesară pentru că dispozitivul fixat pe tamburul rotorului nu ar fi permis preîncălzirea uniformă în zona canalului de sudură.

2. Stabilirea şi executarea procesului de sudare

Materialul rotorului fiind un oţel cu conţinut ridicat în carbon, sub influenţa ciclurilor termice de la sudare ar fi putut apărea constituenţi de călire.

După cum este cunoscut, viteza de răcire critică este influenţată mult de elementele de aliere din oţel şi pentru cazul dat trebuia ţinut seamă că existenţa nichelului scade viteza critică de răcire [3]. Luat prin comparaţie, la un aliaj fier-carbon cu 0,40% carbon $\rightarrow V^{r}_{cr} =$ $= 600°$ C/s, iar la un oţel cu 0,42% C şi 1,12% Ni $\rightarrow V^{r}_{cr} = 450°$ C/s ; deci cu atît mai mult viteza critică de răcire, în cazul oţelului din care este confecţionat rotorul, era mai scăzută, fiind necesar de a se analiza, pe de altă parte, şi aspectul fisurilor la sudare.

Procesul intim de producere a fisurilor în timpul procesului de sudare are la bază acţiunea a două grupe de tensiuni : tensiunile macroscopice, care acţionează asupra sudurii ca urmare a încălzirii neuniforme, şi tensiunile microscopice, care acţionează între formaţiunile structurale cu însuşiri fizice diferite, acestea din urmă fiind în anumite cazuri preponderente la formarea fisurii.

Pentru alegerea temperaturii de preîncălzire s-a folosit metoda recomandată de Séférian [2], [4]. Calculul temperaturii de preîncălzire porneşte de la noţiunea de carbon echivalent, însă, spre deosebire de metoda recomandată de Institutul internaţional de sudură, ia în consideraţie şi grosimea pieselor δ, care intră tot ca un carbon echivalent:

$$C_{e\delta} = 0{,}005 \cdot \delta \cdot C_e$$

Pentru oţelurile aliate se foloseşte relaţia:

$$C_e = C + \frac{\mathrm{Mn} + \mathrm{Cr}}{9} + \frac{\mathrm{Mo}}{13} + \frac{\mathrm{V}}{19} + \frac{\mathrm{Ni}}{18}.$$

Avînd elementele de aliere din buletinul de analiză, rezultă: $C_e = 0{,}61$ şi $C_{e\delta} = 0{,}055$, pentru o grosime a discurilor de 60 mm.

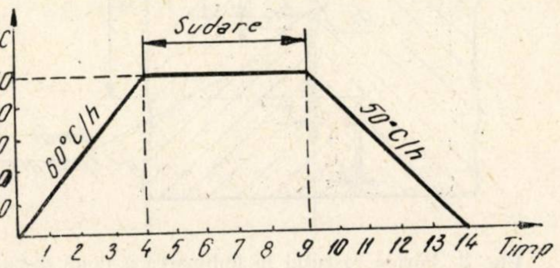


Fig. 4. Diagrama de preîncălzire a rotorului.

Carbonul echivalent total C_{et} este definit de relaţia:

$$C_{et} = C_e + C_{e\delta} = C_e(1 + 0{,}005 . \delta) = 0{,}79.$$

Temperatura minimă de preîncălzire a fost calculată în funcţie de carbonul echivalent total cu relaţia:

$$\theta_{pr} = 350 \sqrt{C_e(1 + 0{,}005 \cdot \delta) - 0{,}25} = 254°\mathrm{C}.$$

Pornind de la această valoare şi ţinînd seamă că sudura nu se realiza în toată secţiunea, s-a ales ca temperatura de preîncălzire să fie între 250 şi 300°C.

Practic, preîncălzirea rotorului în zona canalului de sudură s-a efectuat pe strung cu un arzător circular cu gaze.

Diagrama de preîncălzire a piesei este dată în figura 4.

Pentru executarea sudurii s-au folosit electrozi marca OK 48.00, de fabricaţie ESAB — Suedia, cu înveliş bazic a căror bază zgurifiantă o constituie carbonaţii de calciu şi fluorina [1].

Stabilitatea arcului electric fiind redusă din cauza fluorinei, s-a prescris sudarea cu curent continuu.

Pentru reducerea tendinţei spre porozitate şi fisuri, s-a acţionat prin:

a) Alegerea unui regim tehnologic corespunzător, prin care să se limiteze viteza de cristalizare a cusăturii. Mărirea vitezei de sudare cerea mărirea şi a curentului de lucru, astfel ca, prin creşterea cantităţii de căldură din spaţiul arcului electric, să fie compensată creşterea vitezei de răcire. În prealabil, s-au efectuat încercări de sudare pe un oţel marca OLC 45, cu C = 0,43%, stabilindu-se amperajul şi viteza de sudare.

b) Limitarea cantităţii de sulf, care ajungea în baia de sudură, prin folosirea unui electrod cu conţinut scăzut de sulf. S-a ales marca de electrod OK 48.00, a cărui cantitate de sulf este de 0,018%.

c) Limitarea cantităţii de gaze din spaţiul arcului electric şi în special a cantităţii de hidrogen, deoarece acesta este cel mai periculos în privinţa formării porilor. În acest scop s-au uscat electrozii la temperatura de 250°C timp de aproximativ două ore, în cuptor electric, înlăturîndu-se în acest fel orice urmă de apă şi uleiuri.

S-a prevăzut, de asemenea, înlăturarea oxizilor şi a zgurei prin prelucrarea mecanică a canalului pînă la luciul metalic.

În scopul înlăturării deformaţiilor în timpul sudării, s-au executat cordoanele de sudură în cruce, prin topirea a cîte doi electrozi, de către doi sudori plasaţi diametral opus.

Pentru celelalte patru cordoane de sudură, s-a folosit direct practicarea a cîte opt găuri de aceeaşi adîncime ca la primul cordon, apoi strunjirea finală a canalului.

Deoarece zona rădăcinii sudurii vechi era oxidată şi erodată de condensat, s-a practicat un canal de 2,5 mm adîncime, cu un diametru de 3 mm, în care s-a introdus o sîrmă de ∅ 3 mm din OL 38, avînd rolul de a forma rădăcina sudurii care să înlăture efectul de crestătură (fig. 5).

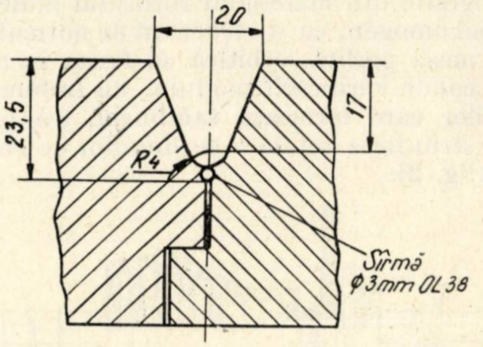


Fig. 5. Forma nouă a rostului la îmbinarea a două discuri.

3. Tratament termic, verificări şi controale

Deformaţia maximă, obţinută după executarea tuturor cordoanelor de sudură, a fost de 0,10 mm. Au apărut însă deformaţii de aproximativ 0,35 mm la canalele de palete adiacente cordoanelor de sudură, ceea ce a impus rectificarea lor și a permis folosirea seturilor de palete existente ca piese de schimb, executîndu-se din nou numai piesele de distanță.

După terminarea sudurilor, s-a aplicat un tratament termic de detensionare, după diagrama din figura 6, într-un cuptor construit special. În timpul operației de detensionare, s-a rotit continuu rotorul, folosindu-se o instalație improvizată.

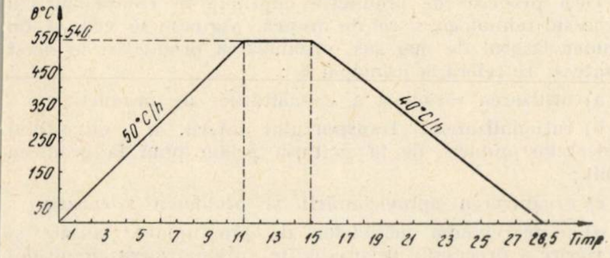


Fig. 6. Diagrama tratamentului termic de detensionare.

Deformațiile rotorului au rămas aceleași și după tratamentul termic de detensionare, reducîndu-se însă deformațiile canalelor de palete de la 0,35 mm la 0,22 mm.

După prelucrarea feței cordoanelor de sudură s-au efectuat controale macroscopice cu lupa, cu soluții penetrante Spotcheck și ultrasunete. Defectele de sudură evidențiate au fost izolate și mici, fără a fi de natură să pericliteze funcționarea normală a rotorului.

Folosind aceleași procedee tehnologice, s-au mai recondiționat și alte rotoare de turbină cu abur tip BBC [5].

Spre exemplu, la rotorul unei turbine cu o putere de 5,4 MW, s-a refăcut cordonul de sudură dintre piston și roata Curtis, iar la alte patru rotoare de turbină, avînd puterea de 3,2 MW, s-au refăcut cordoanele de sudură ce realizau legătura dintre tambur și arborele rotorului.

Evident, de la caz la caz, s-au aplicat soluții specifice, realizîndu-se astfel piese cu deplină siguranță în exploatare.

Bibliografie

[1] Breazu, M. ș.a. *Îndrumătorul sudorului.* Editura Tehnică, 1966.
[2] Bar, Fr. ș.a. *Sudarea metalelor.* Editura Tehnică, 1965.
[3] Sălăgean, T. *Fenomene fizice și metalurgice la sudarea cu arcul electric a oțelurilor.* Editura Academiei R.S. România.
[4] Sérian, D. *Metallurgie de la soudure.* Dunod, Paris, 1959.
[5] *** *Comunicările celei de a 5-a Conferințe de sudură și încercări de metale.* Timișoara, 1965.
[6] Teodorescu, C.C. ș.a. *Îmbinări sudate.* Editura Tehnică, 1967.

(Articol intrat în redacție la 19 iunie 1968)

o

ORGANIZAREA ȘTIINȚIFICĂ A PRODUCȚIEI IN SECTORUL ENERGETIC

Considerații cu privire la compartimentul de organizare a producției și a muncii

Ing. L. Luca*)

Documentele aprobate de Conferința Națională a Partidului Comunist Român din decembrie 1967 indică necesitatea permanentizării acțiunii de organizare științifică a producției și a muncii și a extinderii normelor de muncă fundamentate științific. Cadrul organizatoric pentru permanentizarea acestei acțiuni îl constituie compartimentele de organizare a producției și a muncii, care trebuie încadrate cît mai corespunzător în structura organizatorică a întreprinderilor, centralelor și ministerelor economice, astfel încît să-și poată realiza cît mai eficient sarcinile ce le revin.

Această problemă este deosebit de importantă pentru perfecționarea activității tehnico-economice a întreprinderilor industriale și a centralelor care le tutelează și are un caracter nou față de activitatea depusă pînă în prezent. Ca urmare, ea trebuie analizată atent, pentru ca soluțiile care se adoptă pentru organizarea compartimentelor de organizare a producției și a muncii să aibă la bază considerente tehnico-economice care să țină seamă de rolul lor și să nu se bazeze pe intuiție sau empirism.

În acest scop se prezintă considerațiile de mai jos, în care se încearcă să se analizeze principalele aspecte care apar în legătură cu compartimentele de organizare a producției și a muncii.

1. Rolul și scopul compartimentului de organizare a producției și a muncii

Directivele Partidului Comunist Român stabilesc pentru compartimentele de organizare a producției și a muncii sarcina de „a se ocupa nemijlocit de studii și cercetări privind organizarea producției și a muncii și de aplicarea în practică a măsurilor preconizate în acest domeniu".

Scopul pe care aceste compartimente trebuie să-l urmărească este, de asemenea, precizat în Directive: „organizarea producției și a muncii trebuie să fie permanent în pas cu dotarea tehnică a întreprinderilor, cu schimbările calitative în structura producției, pentru a asigura modernizarea economiei și creșterea eficienței ei generale".

---

*) Ing. Laurențiu Luca este șeful serviciului organizarea producției și a muncii din Direcția plan și organizarea muncii a Ministerului Energiei Electrice.

Principalele probleme ale organizării producției și a muncii, așa cum au fost expuse în tematica generală elaborată în acest domeniu pentru activitatea industrială, sînt :

A. *Organizarea conducerii producției*

structura organizatorică, treptele ierarhice, competențele, structura personalului ; regulamentul de organizare și funcționare ; circuitul informațional ; organizarea controlului ; organizarea teritorială ; dotarea cu mașini de calcul ; modul de luare a deciziilor optime, cercetarea operațională.

B. *Organizarea producției*

gradul de utilizare a capacităților existente ; utilizarea pe schimburi a capacității de producție ; incidentele ; pregătirea tehnică a producției și programarea ; organizarea arhivei tehnice ; organizarea procesului de producție, circuitul obiectului muncii ; specializarea și cooperarea ; gradul de mecanizare, telecomandă și automatizare a proceselor de producție ; organizarea mișcării și manipulării materialelor, materiilor prime și produselor (transportul intern) ; aprovizionarea procesului de producție și problema stocurilor.

C. *Organizarea muncii*

modul de utilizare a forței de muncă ; structura timpului de muncă ; gradul de ocupare și utilizarea fondului de timp ; consumul suplimentar de muncă ; variația productivității muncii între schimburi și organizarea lucrului pe schimburi ; organizarea locului de muncă (utilarea, aprovizionarea locului de muncă, mediul ambiant, adaptarea utilajelor și procesului de muncă la capacități umane) ; calificarea și ridicarea pregătirii profesionale ; gestiunea cadrelor, selecționarea și promovarea.

D. *Normarea muncii*

elaborarea normelor de muncă ; utilizarea și aplicarea normelor de muncă ; organizarea activității de normare a muncii.

Din cele de mai sus rezultă, pentru compartimentele de organizare a producției și a muncii, caracterul de serviciu de analiză și studii, de stabilire de diagnostic și metode, cît și de urmărire a aplicării în practică a măsurilor preconizate. Deci acest compartiment nu are un caracter operativ, ci *un caracter funcțional* care ajută nemijlocit activitatea de producție, prin studiile și soluțiile pe care le elaborează. Bineînțeles că aceste compartimente trebuie să-și bazeze activitatea lor și pe cercetările efectuate în laboratoarele de specialitate ale institutelor de cercetări studiindu-se în același timp oportunitatea dotării lor cu laboratoare proprii pentru studiul muncii.

Compartimentul de organizare a producției și a muncii se situează la limita dintre mai multe domenii, ca cel tehnologic, de pregătire și de gestiune a cadrelor, de salarizare, de programare și de urmărire a producției etc., cît și cel de producție propriu-zis, de unde rezultă *caracterul de sinteză și integrare* al acestora. Față de aceste compartimente, care urmăresc în detaliu cîte o latură a procesului de producție, compartimentul de organizare a producției și a muncii studiază și urmărește acest proces ca un sistem integrat, ca un grup de elemente umane sau mecanice (în sens larg) a căror acțiune este legată și condusă prin informații, care operează pe materiale, energie, informații și oameni, conducîndu-le în vederea realizării unui scop specific comun.

2. Activități și atribuții

Pentru a stabili corect locul compartimentului de organizare a producției și a muncii în cadrul structurii organizatorice, în afară de cunoașterea rolului și scopului său, este necesar să se clarifice principalele activități și atribuții.

Din acest punct de vedere trebuie să distingem *activitățile directe,* care decurg din însăși rolul și scopul său, și *activitățile indirecte,* care se pot executa în domenii care nu depind în mod obligatoriu de acest serviciu, dar care sînt conexe, la care poate colabora într-o măsură mare sau mai mică, după caz, și care i-ar putea fi încredințate prin delegare.

Clasificarea și precizarea acestor activități este deosebit de importantă deoarece înlătură o serie întreagă de neînțelegeri și confuzii care se manifestă deseori. Astfel, trebuie subliniat că însăși tematica analizei problemelor organizării științifice a producției și a muncii, așa cum a fost arătată mai sus, cuprinde nu numai problemele directe, și ci pe cele conexe, cum ar fi de exemplu : calificarea și ridicarea pregătirii profesionale, gestiunea cadrelor etc.

2.1. *Organizarea producției*

Deși procesul de producție cuprinde în complexul său procesul tehnologic și cel de muncă, așa cum se vede și din nomenclatorul de mai sus, organizarea producției în acest context se referă în principal la :

a) utilizarea rațională a capacităților de producție ;

b) raționalizarea transportului intern, a circuitului obiectelor muncii, de la materia primă pînă la produsul finit ;

c) organizarea aprovizionării și problema stocurilor ;

d) perfecționarea metodelor de programare, lansare și urmărire a procesului de producție, raționalizarea circuitului informațional și a evidențelor tehnico-operative, cît și utilizarea mașinilor de calcul pentru conducerea procesului de producție ;

e) creșterea gradului de mecanizare, telecomandă și automatizare a procesului de producție.

Ținînd seamă de cele arătate mai sus, cu privire la caracterul de serviciu funcțional al acestui compartiment care efectuează analize, studii de teren, stabilește diagnostice și elaborează metode și norme de muncă, organizarea producției (ca atribuție directă) nu trebuie confundată cu activitatea de programare, lansare și urmărire operativă a producției.

2.2. *Organizarea muncii*

Pentru înlăturarea confuziilor trebuie să se țină seamă de conținutul nou al noțiunii de *organizare a muncii.* Această denumire a fost utilizată deseori pînă în prezent pentru compartimentele de salarizare, legislația muncii și normarea muncii, care se ocupau și cu structurile organizatorice și statele de funcțiuni pentru personalul tehnico-administrativ, dar care nu s-au ocupat pînă acum de organizarea propriu-zisă a muncii. Din această cauză, această denumire mai este încă asociată cu problemele amintite.

Organizarea muncii cuprinde : studiul metodelor de muncă, a economiei de mișcări, studiul relațiilor om-mașină (ergonomie), organizarea locului de muncă etc. Organizarea muncii trebuie să țină seamă de ,,factorii umani", de medicina muncii, de psihologia muncii, de sociologia muncii, cît și de protecția muncii (aspecte și probleme care nu mai au un caracter tehnic și pe care le-am putea uni sub denumirea comună de ,,psihofiziologia muncii", și care trebuie rezolvate în colaborare cu psihologi, medici, sociologi etc.). Bineînțeles că ea presupune o cunoaștere aprofundată a tehnologiei și utilajelor.

Organizarea muncii este o activitate directă a compartimentului de organizare a producției și a muncii, pe cînd problemele legate de psihofiziologia muncii constituie o activitate indirectă care poate aparține și de alt compartiment (de exemplu, cel de personal), dar care poate să-i fie încredințată prin delegare.

Rezultatele studiilor de organizare a muncii sînt utilizate în :

a) organizarea concretă a locurilor de muncă de către șefii de secție și maiștri ;

b) introducerea unor metode de muncă raționale, cu economie maximă de mișcări, cu o repartizare judicioasă a timpului de odihnă și necesități firești etc. ;

c) stabilirea condițiilor psihofiziologice, a cunoștințelor teoretice și practice pe care trebuie să le îndeplinească executantul pentru realizarea sarcinilor ce-i revin în cadrul procesului de producție, pe locul de muncă respectiv ;

d) elaborarea normelor de muncă fundamentate științific ;

e) perfecționarea utilajelor, sculelor, mecanizării, a mediului ambiant, pentru a corespunde capacităților umane ;

f) perfecționarea tehnologiei, din punct de vedere al modului de realizare a ei în procesul de producție.

.3. *Normarea muncii*

Elaborarea normelor de muncă fundamentate științific este strîns legată și condiționată de tehnologie, de organizarea producției și organizarea muncii. Această activitate are un pronunțat caracter tehnic, iar în etapa actuală normatorii nu mai pot fi niște simpli cronometrori, ci trebuie să fie tehnicieni tehnologi, buni cunoscători ai procesului de producție. Aceste aspecte justifică cuprinderea activității de elaborare a normelor de muncă în același compartiment cu cel de organizare a producției și a muncii, ca o activitate directă.

Normele de muncă sintetizează efectul măsurilor și metodelor de organizare a producției și a muncii și sînt utilizate pentru :

a) o planificare rațională a forței de muncă în cadrul procesului de producție, în special în programarea operativă ;

b) măsurarea obiectivă a muncii, pentru o salarizare cît mai strîns legată de rezultatele muncii ;

c) descoperirea și punerea în valoare a rezervelor interne în procesul de muncă, în scopul creșterii productivității muncii și al reducerii ciclului de producție (respectiv al scurtării duratei lucrărilor de reparații sau montaj).

Nu trebuie confundată activitatea de elaborare a normelor de muncă cu utilizarea normelor de muncă în cadrul salarizării (așa-numita normare operativă), prin care se compară volumul de muncă consumat pentru efectuarea anumitor lucrări cu normele de muncă, în scopul salarizării în acord. Așa cum de altfel a demostrat-o și experiența unităților din activitatea de construcții și montaje energetice, normarea tehnică și normarea operativă pot fi cuprinse în compartimente aparte, fără a afecta cooperarea dintre ele. Pe de altă parte, s-a dovedit că în majoritatea întreprinderilor unde activitatea de elaborare a normelor de muncă a fost cuprinsă în compartimentul de salarizare, comună cu normarea operativă, au apărut două fenomene negative :

a) dezinteresul manifestat de cadrele tehnice pentru normele de muncă și lipsa de colaborare a acestora ;

b) utilizarea cadrelor de normare a muncii în rezolvarea unor probleme curente de statistică, salarizare și legislația muncii, care au dus la neglijarea activității de elaborare a normelor de muncă și la slaba calificare tehnică a acestor cadre.

2.4. Din cele expuse mai sus rezultă că cele trei *atribuții directe* ale compartimentului de organizare a producției și a muncii sînt :

a) organizarea producției ;

b) organizarea muncii ;

c) elaborarea normelor de muncă,

toate avînd un caracter tehnic în activitatea industrială și de construcții și montaje (în ceea ce privește activitatea din secții, în care se desfășoară procesul de producție), dar urmărind un scop economic : realizarea procesului de producție la un nivel cît mai ridicat al productivității muncii și cu un preț de cost cît mai redus. În ceea ce privește atribuțiile de organizare a muncii și de elaborare a normelor de muncă, ele se extind și asupra personalului tehnico-administrativ din compartimentele funcționale și operative, și în acest domeniu aceste atribuții capătă și un caracter economic, pentru care este necesară colaborarea unor cadre de specialitate în problemele economice.

Față de problemele cuprinse în tematica generală pentru analiza problemelor organizării producției și a muncii, arătate mai înainte, în atribuțiile directe, enumerate mai sus, nu a fost cuprinsă *problema organizării conducerii producției*, care se referă la aspecte mai generale privind întreprinderea, constituind una din funcțiile conducerii. Considerăm că aceste probleme intră în categoria celor ce nu depind direct de acest compartiment, la care însă acesta poate colabora și căruia i-ar putea fi încredințate prin delegare.

3. **Relațiile compartimentului de organizare a producției și a muncii**

3.1. Ținînd seamă de activitățile directe, analizate mai sus, ale compartimentului de organizare a producției și a muncii, se poate stabili schema relațiilor acestui compartiment în raport cu procesul de producție (prin proces de producție înțelegem și activitățile de reparații sau de montaj), așa cum se arată în figura 1. În această schemă s-au reprezentat numai o parte din funcțiile și compartimentele unei întreprinderi, și anume acelea cu care compartimentul de organizare a producției și a muncii colaborează direct.

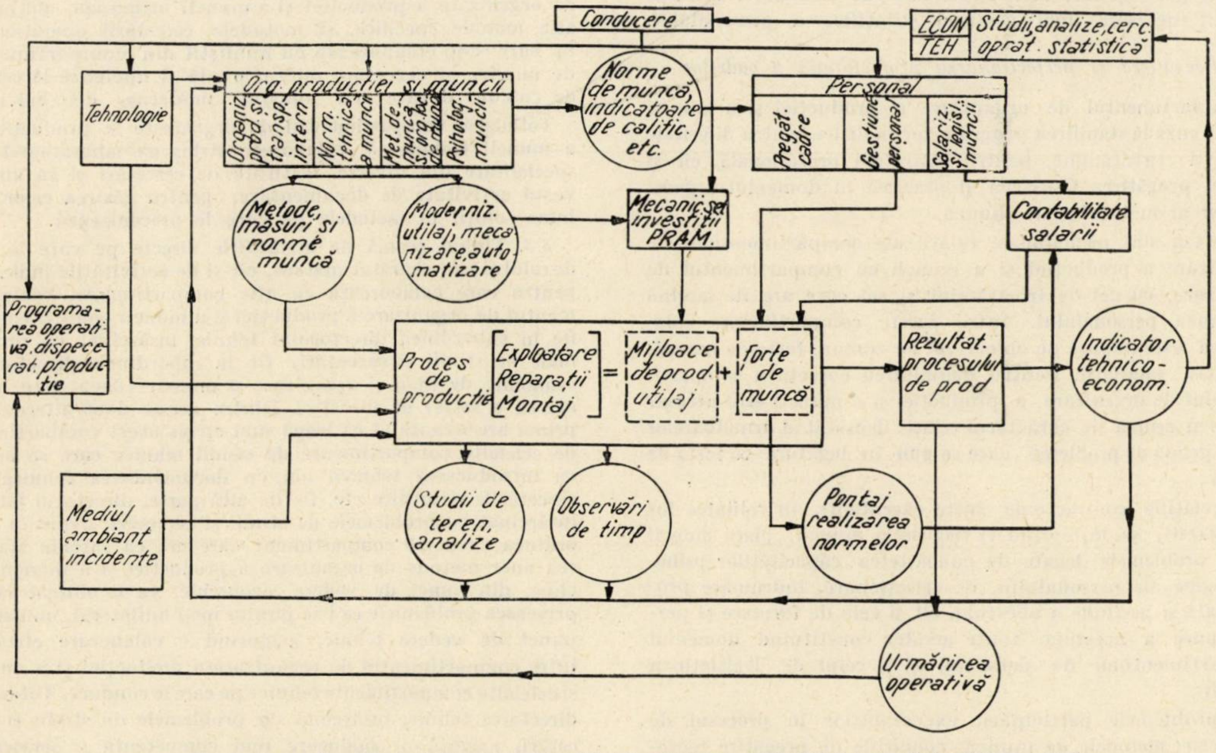

Conducere
ECON
TEH
Studii, analize, cerc. oprat. statistică
Tehnologie
Org. producției și muncii
Organiz. prod. și transp. intern
Norm. tehnică a muncii
Met. de muncă și org. loc. de muncă
Psiholog. muncii
Norme de muncă, indicatoare de calific. etc.
Personal
Pregăt. cadre
Gestiune personal
Salariz. și legisl. muncii
Metode, măsuri și normė muncă
Moderniz. utilaj, mecanizare, automatizare
Mecanic. și investiții PRAM.
Contabilitate salarii
Programarea operativă. dispecerat. producție
Proces de producție
Exploatare
Reparații
Montaj
=
Mijloace de prod. utilaj
+
forte de muncă
Rezultat. procesului de prod
Indicator tehnico-econom.
Mediul ambiant incidente
Studii de teren, analize
Observări de timp
Pontaj realizarea normelor
Urmărirea operativă

Fig. 1. Schema funcțiilor și relațiilor compartimentelor de organizare a producției și a muncii și normarea muncii.

Pe baza studiilor şi analizelor (de teren sau de laborator) procesului de producţie, ţinînd seamă de indicatorii tehnico-economici realizaţi şi făcînd observări de timp asupra forţei de muncă şi utilizării utilajului, compartimentul de organizare a producţiei şi a muncii elaborează soluţii şi metode perfecţionate, urmărind măsurile pentru realizarea lor. Aceste măsuri constituie baza elaborării unor norme de muncă fundamentate din punct de vedere ştiinţific.

În această schemă s-a căutat să se sublinieze caracterul de îndrumare şi elaborare de metode şi norme de muncă pe care-l are compartimentul de organizare a producţiei şi a muncii, cît şi relaţiile sale funcţionale. Acest caracter rezultă şi din analiza activităţilor indirecte, la care acest compartiment colaborează, şi anume :

a) *Aplicarea salarizării în acord, cît şi legarea salarizării după timp de realizarea normelor pentru munca în regie sau a sarcinilor pentru personalul tehnico-adminsitrativ*

În acest domeniu, compartimentul de organizare a producţiei şi a muncii, în afara normelor de muncă pe care le elaborează, poate face recomandări în aplicarea sistemului perfecţionat de salarizare şi poate fi însărcinat să supravegheze felul în care sînt utilizate normele de muncă, urmărind indicele de îndeplinire a acestora, cauzele care duc la nerealizarea sau depăşirea normelor de muncă etc.

b) *Selecţionarea şi gestiunea cadrelor*

Compartimentul de organizare a producţiei şi a muncii, pe baza studierii procesului de producţie şi a metodelor de muncă, a organizării locului de muncă, cît şi pe baza evaluării analitice a lucrărilor, stabileşte condiţiile care se cer executantului pentru un anumit loc de muncă şi care să stea la baza verificărilor psihofiziologice ale personalului, la îndrumarea sa profesională, cît şi la examinarea sa pentru promovarea pe categorii şi niveluri superioare de calificare, condiţii absolut necesare unei gestiuni ştiinţifice a personalului.

c) *Pregătirea şi perfecţionarea profesională a cadrelor*

Compartimentul de organizare a producţiei şi a muncii colaborează la stabilirea programelor analitice pentru diferitele forme de învăţămînt, pentru instruirea profesională, cît şi pentru pregătirea teoretică şi practică în domeniul organizării şi al metodelor de muncă.

Acestea sînt principalele relaţii ale compartimentului de organizare a producţiei şi a muncii cu compartimentul de salarizare, cu cel de învăţămînt şi cel care are ca sarcină gestiunea personalului. Între aceste compartimente colaborarea este impusă de obiectivul lor comun, forţa de muncă, respectiv salariaţii. Pentru delimitarea corectă a compartimentului de organizare a producţiei şi a muncii este necesar să ţinem seamă de caracterul relativ deosebit al următoarelor două grupe de probleme care se pun în legătură cu forţa de muncă :

— relaţiile contractuale între executanţi, în calitatea lor de angajaţi, şi întreprinderi (legislaţia muncii, plata muncii etc.), problemele legate de cunoaşterea capacităţilor psihofiziologice ale personalului, de selecţionare, îndrumare profesională şi gestiune a acestuia, cît şi cele de formare şi perfecţionare a acestuia, toate acestea constituind domeniul compartimentului de personal, şi a celui de legislaţie a muncii ;

— problemele participării executanţilor în procesul de producţie, metodele de muncă, condiţiile de pregătire teoretică şi practică şi cele psihofiziologice pe care trebuie să le satisfacă pentru realizarea sarcinilor ce le revin în cadrul procesului de producţie, relaţiile om-maşină etc., cît şi elaborarea normelor de muncă, care au un caracter pronunţat tehnic şi constituie domeniul compartimentului de organizare a producţiei şi a muncii.

Între aceste două domenii mari privind forţa de muncă (care se completează reciproc), problemele privind perfecţionarea sistemului de salarizare formează o importantă punte de legătură, ca factor determinant pentru cointeresarea materială a salariaţilor în obţinerea unor rezultate tehnico-economice cît mai bune în procesul de producţie. Ele nu trebuie confundate cu lucrările de pontaj şi plata muncii, ci considerate ca un domeniu de studii economice deosebit de important în lumina sarcinilor rezultate din Hotărîrea Plenarei Comitetului Central al Partidului Comunist Român din 5—6 octombrie 1967, cu privire la îmbunătăţirea sistemului de salarizare.

3.2. Din punctul de vedere al organizării producţiei, compartimentul de organizare a producţiei şi a muncii colaborează cu :

a) compartimentele tehnologic şi de programare şi pregătire a producţiei, pentru găsirea celor mai raţionale soluţii pentru procesul de producţie, pentru transportul intern, utilizarea raţională a capacităţilor de producţie, cît şi pentru utilizarea celor mai raţionale evidenţe tehnico-operative şi a celor mai eficiente metode de programare şi urmărire a producţiei.

De asemenea, fişele tehnologice elaborate de compartimentul tehnologic stau la baza metodelor şi normelor de muncă elaborate de compartimentul de organizare a producţiei şi a muncii ;

b) compartimentul mecanicului-şef, cel de automatizări (PRAM, ATT) şi cel de investiţii (inclusiv cu proiectanţii), pentru modernizarea utilajelor din punct de vedere ergonomic şi pentru introducerea mecanizărilor, telecomenzilor şi automatizărilor în procesul de producţie ;

c) compartimentul de protecţie a muncii şi cel de analiză a incidentelor şi avariilor, pentru prevenirea acestora printr-o organizare corespunzătoare a locurilor de muncă, cît şi a întregului proces de producţie.

În organizarea procesului de producţie, compartimentul de organizare a producţiei şi a muncii utilizează, alături de alte metode specifice, şi metodele cercetării operaţionale, în care scop colaborează cu analiştii din compartimentul de analize şi cercetare operaţională şi apelează la centre de calcul dotate cu maşini moderne de calculat.

Totodată, compartimentul de organizare a producţiei şi a muncii trebuie să colaboreze strîns cu laboratoarele de specialitate din diverse institute de cercetări şi să aibă o vastă activitate de documentare, pentru găsirea celor mai bune soluţii în metodele pe care le preconizează.

3.3. Ţinînd seamă de atribuţiile directe pe care le are, de rolul şi scopul arătat mai sus, cît şi de activităţile indirecte, pentru care colaborează cu alte compartimente, compartimentul de organizare a producţiei şi a muncii poate fi cuprins fie în subordinea directorului tehnic, însărcinat cu problemele de studii şi cercetări, fie în subordinea directorului economic de plan şi organizare a muncii (dacă este organizată o astfel de direcţie). Dintre aceste două alternative, prima are avantajul că leagă mai strîns acest compartiment de celelalte compartimente de studii tehnice care se ocupă cu introducerea tehnicii noi, cu documentarea tehnică, cu cercetările ştiinţifice etc. Pe de altă parte, directorul tehnic, însărcinat cu problemele de studii şi cercetări, avînd în subordinea sa acest compartiment care are ca sarcină stabilirea unor metode de organizare a producţiei şi a muncii optime, din punct de vedere economic, va fi obligat să nu privească problemele ce i se pun în mod unilateral, numai din punct de vedere tehnic, asigurînd o colaborare eficientă între compartimentul de organizare a producţiei şi a muncii şi celelalte compartimente tehnice pe care le conduce. Totodată, directorul tehnic, însărcinat cu problemele de studii şi cercetări, asigură o conducere mai competentă a serviciului de organizare a producţiei şi a muncii.

3.4. Pe diverse niveluri de organizare : minister, centrală, întreprindere, atribuţiile compartimentului de organizare a producţiei şi a muncii se repartizează conform următorului tabel, comparativ cu atribuţiile generale ale acestor unităţi, rezultate din Directivele Partidului Comunist Român :

TABEL

privind atribuţiile compartimentului de organizare a producţiei şi a muncii, comparativ cu atribuţiile generale ale unităţii din care face parte compartimentul, rezultate din Directivele Partidului Comunist Român la diferite niveluri

Atribuţii generale ale unităţii din care face parte compartimentul	Atribuţiile compartimentului de organizare a producţiei şi a muncii
A. *Minister economic*	
– Studii pentru planul de perspectivă (proporţii, ritmuri) – Analiză, sinteză şi defalcare, indicatori de plan pe centrale – Răspunde în calitate de titular de plan, de înfăptuirea lui şi de realizarea proporţiilor – Controlează activitatea centralelor industriale – Organizează documentarea şi informarea tehnică – Elaborează norme unitare tehnice şi economice – Propuneri privind necesarul de cadre în perspectivă – Organizează sistemul de instruire şi specializare a cadrelor – Cooperarea economică şi tehnico-ştiinţifică	– Analizează nivelul organizării producţiei şi a muncii în ramurile şi unităţile coordonate – Elaborează indicaţii metodologice unitare privind organizarea producţiei şi a muncii – Urmăreşte realizarea măsurilor stabilite la nivelul centralelor economice, sau cele care necesită intervenţia ministerului şi colaborarea cu institutele de cercetări – Analizează eficienţa economică a acţiunilor întreprinse în acest domeniu – Elaborează şi defalcă planul de normare tehnică a muncii şi urmăreşte realizarea lui – Asigură şi urmăreşte colaborarea în activitatea de normare a muncii cu alte ministere şi între centralele coordonate
B. *Centrala economică* (*industrială, de construcţii montaj*)	
– Elaborează planul economic propriu – Elaborează planul financiar – Stabileşte profilarea întreprinderilor – Studiază perspectiva de dezvoltare a întreprinderilor, sortimente şi tehnologii noi – Asigură aprovizionarea tehnico-materială a întreprinderilor şi comercializarea produselor – Activitatea de investiţii – Urmărirea realizării indicatorilor de plan – Numeşte cadrele de conducere din întreprinderi	– Coordonează şi îndrumă desfăşurarea activităţii de organizare a producţiei şi a muncii în întreprindere – Elaborează studii şi metode pentru probleme comune, specifice întreprinderilor conduse şi coordonate – Elaborează norme de muncă unificate pe centrală sau subramură – Acordă asistenţa tehnică întreprinderilor în organizarea producţiei şi a muncii – Urmăreşte realizarea măsurilor şi metodelor elaborate la nivel de centrală şi în întreprinderi, cît şi eficienţa lor economică – Generalizează cele mai bune măsuri şi metode elaborate în întreprinderi – Efectuează cercetări specifice în laboratoarele proprii de specialitate
C. *Intreprinderi*	
– Aplică normele generale ale structurii organizatorice – Stabileşte încadrarea salariaţilor – Lucrări de investiţii din beneficii peste plan – Aprobă documentaţiile tehnice şi achiziţionarea de utilaje – Stabileşte necesarul de materiale – Are contracte nemijlocite cu furnizorii – Se ocupă cu desfacerea produselor – Face propuneri de plan pentru activitatea proprie – Conducerea operativă a realizării procesului de producţie	– Efectuează studii concrete privind organizarea producţiei şi a muncii, elaborînd măsuri, metode şi norme de muncă locale – Aplică şi adoptează la specific metodele şi normele de muncă unificate, elaborate la nivel de centrală – Urmăreşte realizarea şi eficienţa măsurilor stabilite în întreprinderea respectivă – Colaborează cu centralele pentru elaborarea studiilor, metodelor şi normelor de muncă unificate – Studiază şi elaborează metode pentru organizarea raţională a muncii de birou şi fluxului informaţional

4. Structura internă

Structura internă a compartimentului de organizare a producţiei şi a muncii depinde în primul rînd de complexitatea problemelor ce-i revin din atribuţiile directe. Această structură trebuie să ţină seamă de eventualele atribuţii indirecte care îi sînt încredinţate prin delegare. Astfel, de exemplu, în întreprinderile industriei energiei electrice, problema reparaţiilor are o importanţă deosebită şi reprezintă un volum mare de muncă, dar, din punct de vedere tehnologic, operaţiile care se execută în cadrul reparaţiilor rămîn relativ constante, în timp. În aceste întreprinderi, problemele tehnologice se referă la reparaţii şi odată elaborate fişele tehnologice nu mai necesită un volum de muncă deosebit pentru eventualele modificări. În acest caz, aceste probleme pot fi atribuite prin delegare compartimentului de organizare a producţiei şi a muncii, care trebuie organizat corespunzător.

Structura internă a compartimentului de organizarea producţiei şi a muncii depinde, bineînţeles, şi de :

— tipul şi numărul operaţiilor ce se execută în întreprinderea respectivă ;

— gradul de mecanizare şi automatizare a lucrărilor şi de utilarea locurilor de muncă ;

— variabilitatea lucrărilor ;

— răspîndirea teritorială a întreprinderii şi lucrărilor.

Atît pentru industria energiei electrice, cît şi pentru activitatea de montaje energetice (centrale electrice, pe de o parte, linii şi staţii, pe de altă parte,) procesul de producţie nu diferă substanţial de la o întreprindere la alta. Aceasta justifică organizarea centralizată, în cadrul administraţiei centralelor economice a unor servicii de organizare a producţiei şi a muncii dezvoltate, care să studieze în mod unitar problemele comune ce se pun pe grupuri de întreprinderi de aceeaşi specialitate şi care să poată fi eventual dotate cu laboratoare de metode, utilate în mod corespunzător. În acest caz, în întreprinderi, compartimentele de organizare a producţiei şi a muncii vor studia numai aspectele specifice locale, atît pentru aplicarea concretă a măsurilor şi metodelor elaborate de serviciile din centrala economică tutelară, cît şi pentru rezolvarea problemelor locale.

Ţinînd seamă de cele arătate mai sus, compartimentul de organizare a producţiei şi a muncii se justifică a fi organizat la nivel de serviciu (numai în cazuri excepţionale, cel puţin la nivel de birou), care să aibă următoarea structură internă, determinată de atribuţiile directe (şi care trebuie completată corespunzător dacă i se dau atribuţii indirecte prin delegare) :

1. Conducător (şef serviciu şi eventual adjunct) ;
2. Secretariat, dactilografie, arhivă tehnică ;
3. Organizarea producţiei ;
4. Organizarea şi măsurarea muncii în secţii de producţie ;
5. Organizarea şi măsurarea muncii personalului tehnico-administrativ ;
6. Calcule, sinteză şi urmărirea măsurilor, metodelor şi normelor de muncă stabilite.

Numărul de personal cît şi gradul mai mic sau mai mare de specializare şi al diviziunii muncii trebuie stabilite, de la caz la caz, pentru fiecare unitate în parte, aplicînd şi acestui compartiment metodologia de normare a personalului tehnico-administrativ. La nivelul centralelor economice, care vor rezolva centralizat aceste probleme pe un grup de mai multe întreprinderi de acelaşi tip, compartimentele structurale de mai sus se justifică a fi organizate la nivel de birouri în cadrul serviciului.

Concluzii

Un serviciu de organizare a producţiei şi a muncii bine conceput, dotat cu cadre cunoscătoare ale procesului de producţie, cu aptitudini organizatorice şi pentru studii, constituie un ajutor preţios şi în ridicarea eficienţei economice a procesului de producţie, ceea ce justifică măsura preconizată de Directivele Comitetului Central al Partidului Comunist Român şi impune ca rezolvarea problemei organizatorice să fie tratată cu competenţă şi cu deosebită atenţie.

Rezumînd cele de mai sus, se consideră că acest serviciu trebuie să fie un serviciu funcţional, subordonat directorului tehnic cu problemele de studii şi cercetări, avînd următoarele atribuţii directe :

— organizarea producţiei ;

— organizarea muncii ;

— elaborarea normelor de muncă,

putînd primi, prin delegare din partea conducerii, şi rezolvarea problemelor legate de organizareaa conducerii, cît şi, eventual, cele de studiu psihofiziologic al muncii.

El trebuie să fie dotat la nivelul cetralelor economice, cu laboratoare de metode corespunzătoare.

Activitatea de elaborare a normelor de muncă trebuie să fie cuprinsă în acest serviciu aparte de normarea operativă, care revine compartimentului de salarizare.

În ceea ce priveşte forţa de muncă, acest serviciu o studiază ca factor în procesul de producţie, ţinînd seamă de "factorii umani", dar aparte de problemele legate de aspectele contractuale dintre salariat și întreprindere, care revin compartimentului de personal, cu care serviciul de organizare a producției colaborează, dar căruia nu-i poate fi subordonat, dat fiind caracterul tehnic al problemelor ce trebuie să le rezolve în scopul obținerii unei eficiențe economice maxime.

Comparativ cu serviciile similare din țările avansate din punct de vedere industrial (în special cu cel de metode din întreprinderile franceze), compartimentul de organizare a producției și a muncii are multe asemănări, dar din sarcinile ce-i revin, în conformitate cu Directivele Partidului Comunist Român, rezultă că aria problemelor cuprinse de acest compartiment nu se suprapune exact peste compartimentele similare din alte țări, ci doar se intersectează în domeniul studiului, organizării și normării muncii.

Bibliografie

[1] * * * *Directivele C.C. al P.C.R. cu privire la perfecționarea conducerii și planificării economiei naționale corespunzător condițiilor noii etape de dezvoltare socialistă a României.* Editura Politică, 1967.

[2] Ceaușescu, N., *Raport la Conferința Națională a Partidului Comunist Român — decembrie 1967.* Editura Politică, 1967.

[3] * * * *Tematica privind analiza problemelor organizării științifice a producției și a muncii în întreprinderile industriale.* Februarie, 1967.

[4] Lansley, R. *Biroul de metode* — CEPECA: Catedra studiul muncii, 1968.

[5] * * * *Indicațiile CSOS privind constituirea cadrului organizatoric pentru rezolvarea problemelor organizării producției și a muncii.*

[6] Jardillier, P. *L'organisation Humaine des Entreprises.* Presses universitaires de France. Paris, 1965.

[7] Barbier, P. *Organisation de travail*, Dunod, Paris, 1966.

(Articol intrat în redacție la 10 iunie 1968)

Organizarea unui atelier de reparat transformatoare

(Fenomene de așteptare cu un șir limitat)

Ing. A. Măcriș *)

Generalități

Fenomenele de așteptare, fiind procese stochastice, se pot reprezenta prin grafe de tranziție.

Considerînd că un sistem poate trece prin M stări posibile, $E_1, E_2 \dots E_M$ (M fiind finit sau infinit, dar stările fiind numărabile), probabilitatea ca sistemul să fie în starea E_i la data n va fi $p_i(n)$. $p(n) = [p_1(n) \dots . p_M(n)]$ constituie vectorul de stare la data n, cu condițiile:

$$\text{a)}\quad 0 \leqslant p_i(n) \leqslant 1$$

$$\text{b)}\quad \sum^{n} p_i(n) = 1.$$

Dacă se asociază trecerii de la o stare E_i la alta E_j, numită tranziție, o probabilitate condițională p_{ij} (probabilitatea ca sistemul să se găsească în starea j la data $n + 1$, cunoscîndu-se că el este în starea i la data n), se poate scrie expresia probabilității ca sistemul să se găsească în starea j la timpul $n + 1$ în funcție de probabilitățile inițiale:

$$p_j(n+1) = \sum_i p_i(n) \cdot p_{ij} \quad j = 0, 1, 2, 3, 4, \dots$$

sau în scriere matricială:

$$[p(n+1)] = [p(n)]\,[\tau], \tag{1}$$

în care matricea $[\tau]$ este formată din elementele p_{ij} astfel încît:

$$0 \leqslant p_{ij} < 1 \quad \text{pentru orice } i, j.$$

$$\sum_j p_{ij} = 1 \quad \text{pentru orice } i.$$

Matricea $[\tau]$ se numește matrice stochastică sau matrice de tranziție, iar graful corespunzător tuturor tranzițiilor posibile se numește graf de tranziție.

Matricea $[D]$ definită prin relația:

$$[D] = [\tau] - [1]$$

se numește matrice dinamică.

Ea are următoarele proprietăți:

$$\text{a)}\quad 0 \leqslant d_{ij} \leqslant 1, \quad \text{pentru } i \neq j;$$

$$\text{b)}\quad -1 \leqslant d_{ij} \leqslant 0;$$

$$\text{c)}\quad \sum_j d_{ij} = 0,$$

iar ecuația (1) se scrie sub forma:

$$[p(n+1)] - p(n) = p(n)\;D.$$

Cînd sistemul devine stabil în probabilitate (adică probabilitățile de stare tind către valorile-limită $p_1, p_2, \dots, p_m \dots$, independente de distribuția inițială $[p(0)]$, adică are proprietatea ergodică, se poate scrie sistemul de ecuații care caracterizează sistemul:

$$[p] \cdot [D] = 0$$

$$p_0 + p_1 + p_2 + \dots\dots = 1.$$

Aplicație

Se propune studierea cu ajutorul grafului de tranziție a unui fenomen de așteptare cu un șir de așteptare, o stație și un număr limitat de clienți în șirul de așteptare.

Fie un șir de așteptare limitat la patru clienți. Graful de tranziție corespunzător este cel din figura 1 (*a* sau *b*), deoarece:

Dacă $E(n)$ este starea sistemului la timpul t, la timpul $+ dt$ va fi $E(n+1)$ sau $E(n)$ sau $E(n-1)$, în afară de cazul cînd $n = 5$, în care $E(6)$ nu se realizează şi în cazul cînd $n = 0$, în care $E(-1)$ nu se realizează. Şirul fiind limitat la patru clienţi şi avînd 1 client în staţia de deservire, numărul maxim de clienţi în sistem poate fi 5, iar minim 0.

---

*) Ing. A. Măcriș este director tehnic al întreprinderii „Energomontaj".

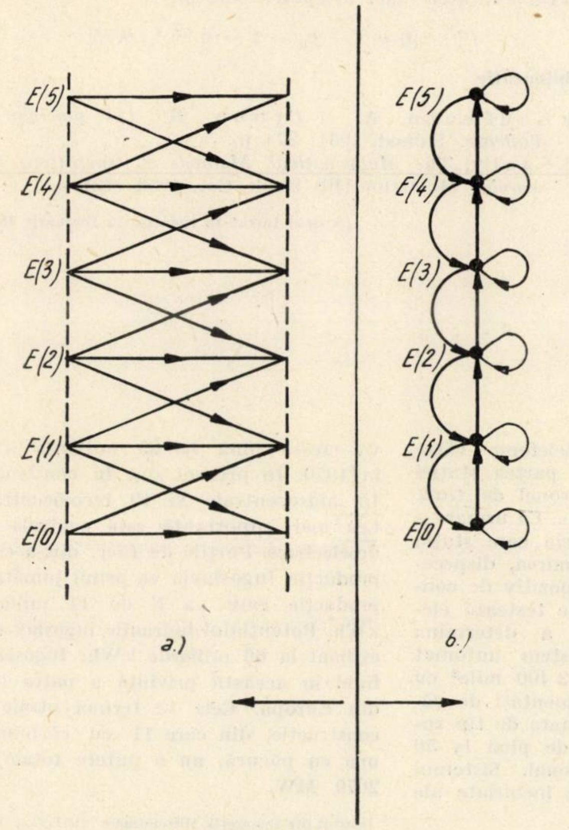


Fig. 1

Notînd cu $\lambda \cdot dt$ probabilitatea unei intrări în intervalul dt şi cu $\mu \cdot dt$ probabilitatea unui sfîrşit de serviciu în intervalul dt, ($n \geqslant 1$, intrări şi serviciu poissonian) probabilităţile de tranziţie se vor putea scrie astfel :

Schimbări de stare	*Probabilităţi*
$E_0 \rightarrow E_0$	$1 - \lambda dt$
$E_0 \rightarrow E_1$	λdt
$E_1 \rightarrow E_0$	$(1 - \lambda dt)\cdot \mu dt \cong \mu \cdot dt$
$E_i \rightarrow E_i$	$(1 - \lambda dt)(1 - \mu dt) + \lambda dt \cdot \mu dt \cong$ $1 - (\lambda + \mu)\, dt$
$E_i \rightarrow E_{i-1}$	$(1 - \lambda dt)\cdot \mu dt \cong \mu dt$
$E_i \rightarrow E_{i+1}$	$(1 - \mu d)\cdot \lambda dt \cong \lambda dt$
$E_5 \rightarrow E_5$	$1 - \mu dt$
$E_5 \rightarrow E_6$	0
$E_5 \rightarrow E_4$	$\mu \cdot dt$

şi matricea de tranziţie $[\tau]$ astfel :

Starea la timpul $t + dt$

$$[\tau] = \text{Starea la timpul } t \; \begin{array}{cccccc} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ \hline 1-\lambda & \lambda & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & 1-(\lambda+\mu) & \lambda & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \mu & 1-(\lambda+\mu) & \lambda & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \mu & 1-(\lambda+\mu) & \lambda & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mu & 1-(\lambda+\mu) & \lambda \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \mu & 1-\mu \end{array}$$

iar matricea dinamică $[D]$ astfel :

$$D = \begin{bmatrix} -\lambda & \lambda & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mu & -(\lambda+\mu) & \lambda & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \mu & -(\lambda+\mu) & \lambda & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \mu & -(\lambda+\mu) & \lambda & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mu & -(\lambda+\mu) & \lambda \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \mu & -\mu \end{bmatrix}$$

iar ecuaţiile de stare se scriu :

$$\begin{aligned} -\lambda p_0 + \mu p_1 &= 0 \\ \lambda p_0 - (\lambda + \mu)\cdot p_1 + \mu p_2 &= 0 \\ \lambda p_1 - (\lambda + \mu)\cdot p_2 + \mu p_3 &= 0 \\ \lambda p_2 - (\lambda + \mu)\cdot p_3 + \mu p_4 &= 0 \\ \lambda p_4 - (\lambda + \mu)\cdot p_4 + \mu p_5 &= 0 \\ \lambda p_4 - \mu p_5 &= 0 \end{aligned}$$

$$p_0 + p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 = 1$$

Rezolvînd sistemul, se obţine :

$$p_1 = \frac{\lambda}{\mu} p_0 ; \quad p_4 = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^4 \cdot p_0$$

$$p_2 = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2 p_0 ; \quad p_5 = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^5 \cdot p_0$$

$$p_3 = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^3 \cdot p_0$$

$$p_0 = \frac{1}{1 + \psi + \psi^2 + \psi^3 + \psi^4 + \psi^5} = \frac{1 - \psi}{1 - \psi^6},$$

în care $\psi = \dfrac{\lambda}{\mu}$.

Aceste formule permit calculul probabilităţilor de a avea 0, 1, 2, 3, 4 sau 5 clienţi în sistem.

Cu elementele de mai sus se propune studierea organizării procesului muncii într-un atelier de reparat transformatoare electrice. Capacitatea de reparaţii a atelierului este de 12 transformatoare săptămînal, iar numărul mediu de transformatoare sosite pentru reparaţii este de 10 pe săptămînă.

Cunoscînd că sosirile de reparaţii sînt aleatorii şi presupunînd că ascultă de legea Poisson, iar duratele de reparaţii sînt de asemenea aleatorii, de lege exponenţială negativă, se cere să se stabilească caracteristicile procesului de reparaţii, cunoscînd că spaţiul limitat al atelierului nu permite staţionarea în aşteptare a unui număr mai mare de patru transformatoare.

Avînd valorile : $\lambda = 10$ buc./săpt., $\mu = 12$ buc./săpt., factorul de utilizare este :

$$\psi = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{10}{12} = 0{,}83.$$

Probabilităţile de a avea 0, 1, 2, 3, 4, 5 transformatoare în sistemul de aşteptare (şir + staţie) sînt :

$$p_0 = \frac{1 - \psi}{1 - \psi^6} = \frac{1 - 0{,}83}{1 - 0{,}83^6} = 0{,}25$$

$$\begin{aligned} p_1 &= \psi \cdot p_0 = 0{,}83 \cdot 0{,}25 = 0{,}217 \\ p_2 &= \psi \cdot p_1 = 0{,}83 \cdot 0{,}217 = 0{,}185 \\ p_3 &= \psi \cdot p_2 = 0{,}83 \cdot 0{,}185 = 0{,}153 \\ p_4 &= \psi \cdot p_3 = 0{,}83 \cdot 0{,}153 = 0{,}127 \\ p_5 &= \psi \cdot p_4 = 0{,}83 \cdot 0{,}137 = 0{,}105 \\ p_6 &= \psi \cdot p_5 = 0{,}83 \cdot 0{,}105 = 0{,}087 \end{aligned}$$

Numărul mediu de transformatoare în sistemul de aşteptare :

$$\begin{aligned} \bar{n} &= 0 \cdot p_0 + 1 \cdot p_1 + 2 \cdot p_2 + 3 \cdot p_3 + 4 \cdot p_4 + 5 \cdot p_5 = \\ &= 0 \cdot 0{,}15 + 1 \cdot 0{,}217 + 2 \cdot 0{,}185 + 3 \cdot 0{,}153 + 4 \cdot 0{,}127 + \\ &+ 5 \cdot 0{,}105 = 1{,}85 \text{ buc.} \end{aligned}$$

Numărul mediu de transformatoare în şirul de aşteptare :

$$\overline{p} = \overline{n} - 1 + p_0 = 1{,}85 - 1 + 0{,}25 = 1{,}1 \text{ buc.}$$

Probabilitatea de a avea un număr de transformatoare în sistemul de aşteptare peste numărul maxim :

$$P_r(N \leqslant n) = p_0 + p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 = 0{,}787$$

$$P_r(N > n) = 1 - p_r(N \leqslant n) = 1 - 0{,}787 = 0{,}217, \text{ adică } 21{,}7\,\%.$$

$P_r(N > n)$ echivalează cu probabilitatea de a refuza primirea la reparaţii a unui transformator (21,7 %).

Timpul mediu de aşteptare în şir :

$$\bar{t}_f = \frac{\overline{n}}{\mu} = \frac{1{,}85}{12} = 0{,}153 \text{ săpt.} = 0{,}918 \text{ zile} \simeq 1 \text{ zi.}$$

Probabilitatea unei aşteptări oarecare :

$$P(>0) = 1 - p_0 = 1 - 0{,}25 = 0{,}75.$$

Bibliografie

[1] Kaufmann, A. şi Cruon, R. *Les phénomènes d'attente.* Dunod, 1961, 274 p.

[2] Saaty, Th. *Mathematical Methods of Operations Researchs.* Mc Grow Hill Book Co., 1959, 421 p.

(Articol intrat în redacţie în februarie 1968)

Informaţii tehnice

Brazilia construieşte a patra centrală hidroelectrică ca mărime în lume. În prezent se construieşte, pe fluviul brazilian Parana, un complex hidroenergetic, în care centrala hidroelectrică va avea o putere de 4 000 MW, adică ea va fi a patra ca mărime după cele din *U.R.S.S.* În proiect sînt prevăzute două centrale cu acumulare, la Parana în Jupia, Ilha Solteira, şi o a treia centrală la rîul Tieto, lîngă Parana.

(Institut für Energetik [Mitteilungen – R.D.G. – 1968, nr. 95, p. 371–375)

La un colocviu organizat recent de I.E.E., s-a arătat că protecţia prin relee trebuie să permită funcţionarea reţelei în limitele unor tensiuni de exploatare de 380–420 kV, iar în cazuri excepţionale de maximum 440 kV timp de 15 minute.
Pentru tensiunile inferioare, limitele sînt de ± 10 % U_{nom}. Protecţia sistemului trebuie să permită funcţionarea cu suprasarcină de pînă la 20 % timp de 20 minute.
Timpii de declanşare sînt actualmente de maximum 140 ms, urmînd a fi reduşi pînă în 1972 la 80 ms (din care 40 ms timpul protecţiei). Funcţionarea fără excitaţie a generatoarelor nu este permisă mai mult de 1–3 minute.

(Electrical Times, 6 iunie 1968, vol. 153, nr. 23).

În regiunea Ţării Galilor (South Wales), un sistem automat de control permite efectuarea unui apel telefonic către punctul de dispecer din partea staţiei de transformare, fără personal de tură, la care s-a produs o avarie. Ca urmare a acestui apel telefonic, prin care staţia îşi comunică vocal denumirea, dispecerul îşi conectează un dispozitiv de control cu ajutorul căruia se testează elementele staţiei pentru a determina sursa avariei. Acest sistem automat acoperă o suprafaţă de 2 400 mile^2 cu 260 000 consumatori, alimentaţi de către 56 staţii de transformare de tip rural, situate la distanţe de pînă la 50 mile de dispecerul regional. Sistemul foloseşte liniile telefonice închiriate ale poştei.

(Electrical Times, 6 iunie 1968, vol. 153, nr. 23).

Compania „Shibaura Electric" (Toshiba), de lîngă Yokohama, a construit pentru Coreea de Sud două turbine cu gaze de cîte 15 MW în timpul record de 30 săptămîni.

(Electrical Review, 7 iunie 1968, vol. 182, nr. 23).

Gaz de la Leuna pentru reţeaua R.D. Germană. Uzinele Leuna livrează 10 000 m^3/h gaz pentru reţeaua R.D. Germană, începînd cu luna octombrie 1967.

Energia electrică iugoslavă. În 1939 producţia totală de energie electrică în Iugoslavia a fost de 1,1 miliarde kWh, ca să ajungă la 18 miliarde kWh în 1967, iar prin construcţiile în curs va creşte pînă la 25 miliarde kWh în 1970. În prezent sînt în construcţie 15 hidrocentrale şi 12 termocentrale. Cea mai importantă este centrala hidroelectrică Porţile de Fier, din a cărei producţie Iugoslavia va primi jumătate, producţie care va fi de 11 miliarde kWh. Potenţialul hidraulic iugoslav este estimat la 66 miliarde kWh, Iugoslavia fiind în această privinţă a patra ţară din Europa. Cele 12 termocentrale în construcţie, din care 11 cu cărbuni şi una cu păcură, au o putere totală de 2079 MW.

(Institut für Energetik Mitteilungen (R.D.G.), 1968, nr. 96, p.443 – 448).

Unităţi de 3 000 MW$_e$ *pentru centrale nucleare.* La „American Power Conference" care s-a ţinut la Chicago între 23 şi 25 aprilie, s-a arătat că sînt cel puţin doi furnizori care vor putea să execute în jurul anului 1970 unităţi de cîte 3 000 MW$_e$ pentru centrale nucleare. După un studiu a lui „General Electric", se vor putea executa în cîţiva ani reactoare cu apă în fierbere pînă la 10 000 MW$_e$. În dezvoltarea viitoare a turbogeneratoarelor, se vor construi probabil în 1976 unităţi de 1 500 MW$_e$, în 1979 unităţi de 2 000 MW$_e$, în 1982 de 2500 MW$_e$ şi în 1985 de 3 000 MW$_e$.

(Energie (R.F. a Germaniei), 1968, nr.5, p. 154)

Revista „ENERGETICA", organ al Ministerului Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R. S. România (CNIT). Redacţia: Bucureşti, Splaiul Independenţei nr. 49, Sectorul VI, Tel. 136683; 130053. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinete tehnice în contul nostru de virament: nr. 058001 B.N.R.S.R.— Sectorul VI. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri lei 30 anual. Preţul unui exemplar lei 5. — Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „Informaţia", Bucureşti — c. 5751

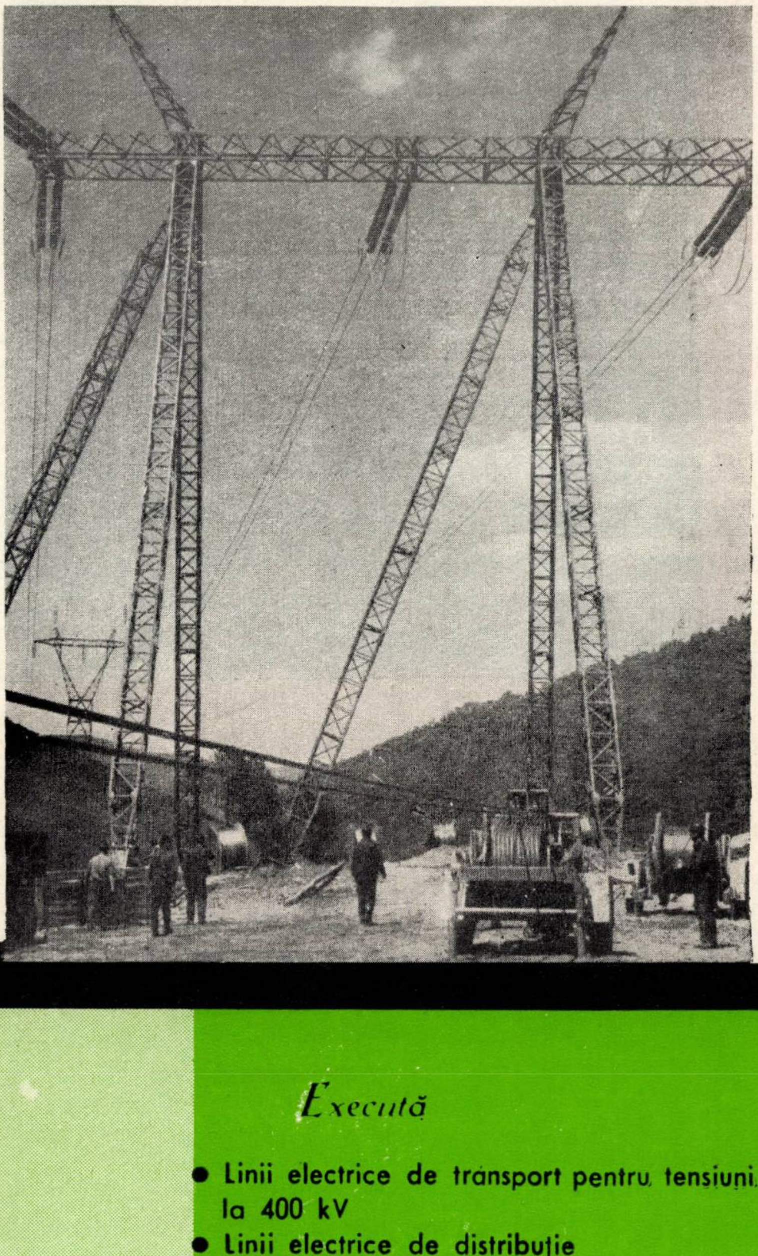
Taxele poştale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.T. nr. 10/1095, 1967

41 401

INTREPRINDEREA

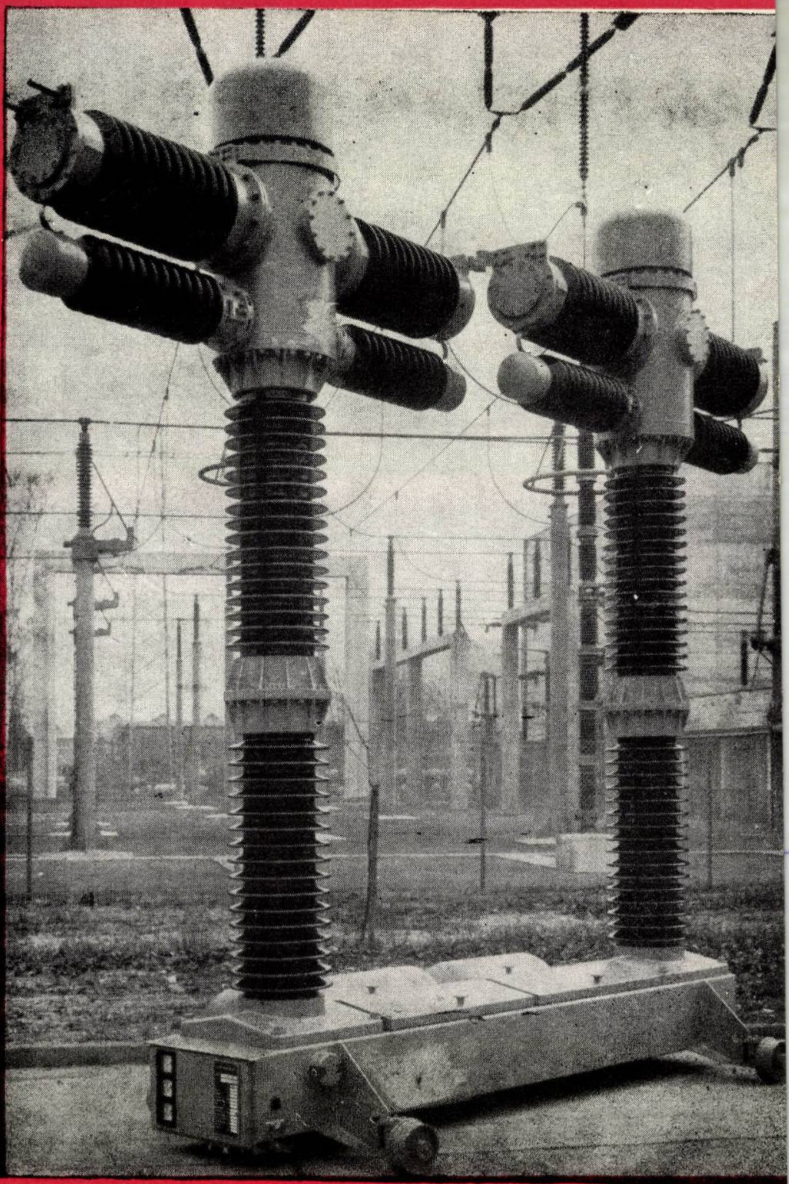
ELECTROMONTAJ

bucurești



Execută

- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuție
- Rețele electrice în cablu subteran pînă la 35 kV
- Stații de transformare 35-400 kV
- Stații de distribuție și posturi de transformare
- Rețele de iluminat public
- Electrificări rurale



întreprinderea
ENERGOMONTAJ

execută lucrări de montaj:

- Cazane de abur cu parametri ridicați:
  - — 500 t abur/h 215 at, 514°C
  - — 640 t abur/h, 140 at, 570°C
- Turbine cu abur de la 6 MW la 315 MW
- Turbine cu gaze
- Turbine hidraulice de la 5,5 MW la 170 MW
- Compensatoare sincrone
- Instalații termomecanice auxiliare ale centralelor termoelectrice și echipament hidromecanic
- Instalații electrice de joasă, înaltă și foarte înaltă tensiune
- Instalații de măsură, control și automatizare

ÎNTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE PAROŞENI

produce şi furnizează sistemului energetic naţional energie electrică.

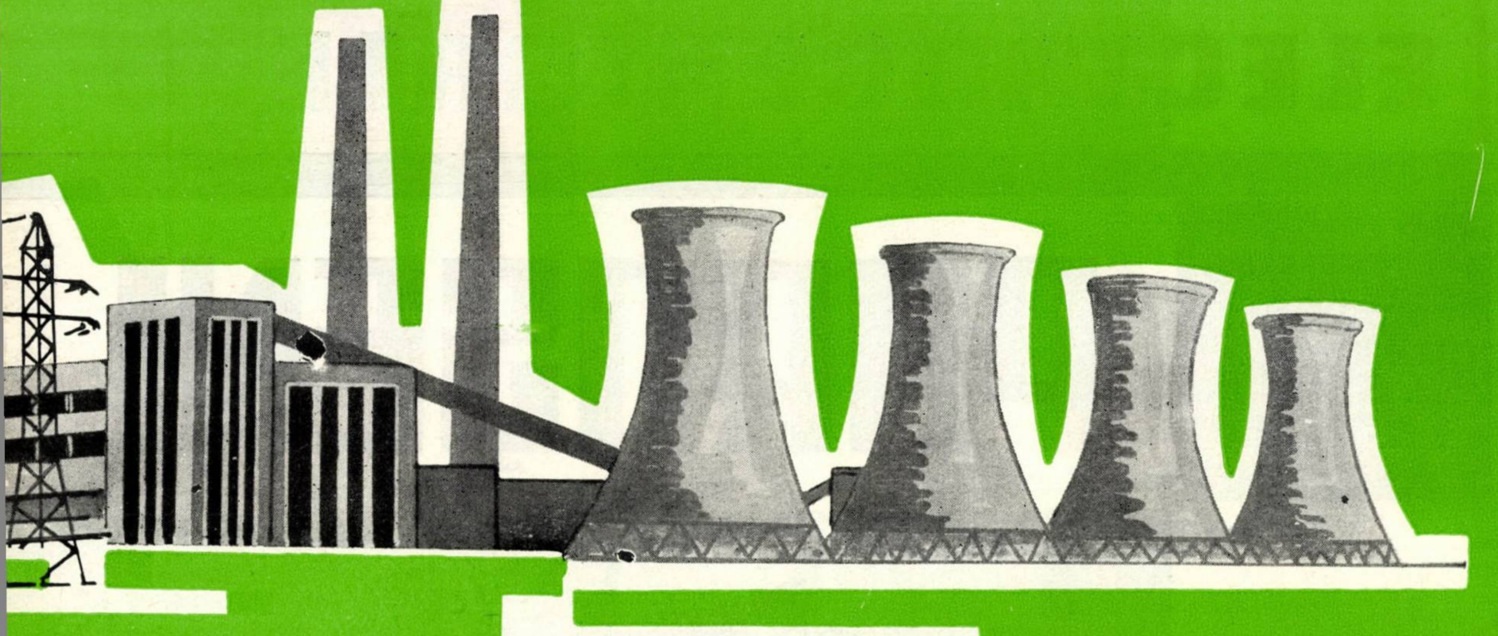
IEC Paroşeni este înzestrată cu instalaţii şi utilaje la nivelul tehnicii mondiale, avansate, producînd şi furnizînd energie electrică în condiţii tehnice superioare.

INTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE

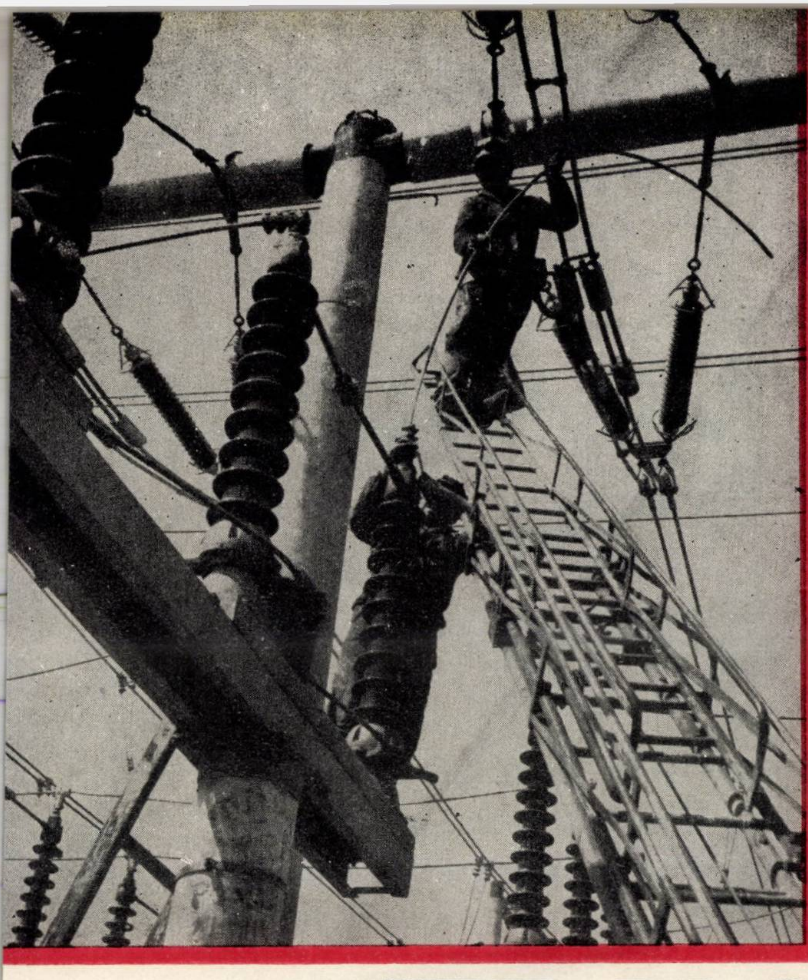
PAROŞENI

I.E.C.

DOICEȘTI



- Puterea instalată a tuturor centralelor electrice ale I.E.C. Doicești depășește 150 MW și asigură cu energie electrică zonele industriale Ploiești și Tîrgoviște.
- I.E.C. Doicești este interconectată la sistemul energetic național, livrînd energie la 110, 35 și 6 kV.
- I.E.C. Doicești contribuie la înfăptuirea programului de electrificare a țării.



TEM

TRUSTUL

ELECTROMONTAJ

Execută prin unitățile sale de construcții:

- Stații electrice și posturi de transformare
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuție
- Electrificări rurale

Produce prin unitățile sale industriale:

- Stîlpi metalici
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionați
- Celule și panouri pentru centrale și stații electrice
- Posturi de transformare urbane și rurale complet prefabricate
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, stații, posturi de transformare și linii electrice de transport și distribuție

BUCUREȘTI, CALEA MOȘILOR 158 — TELEFON 16.63.30

ISPH

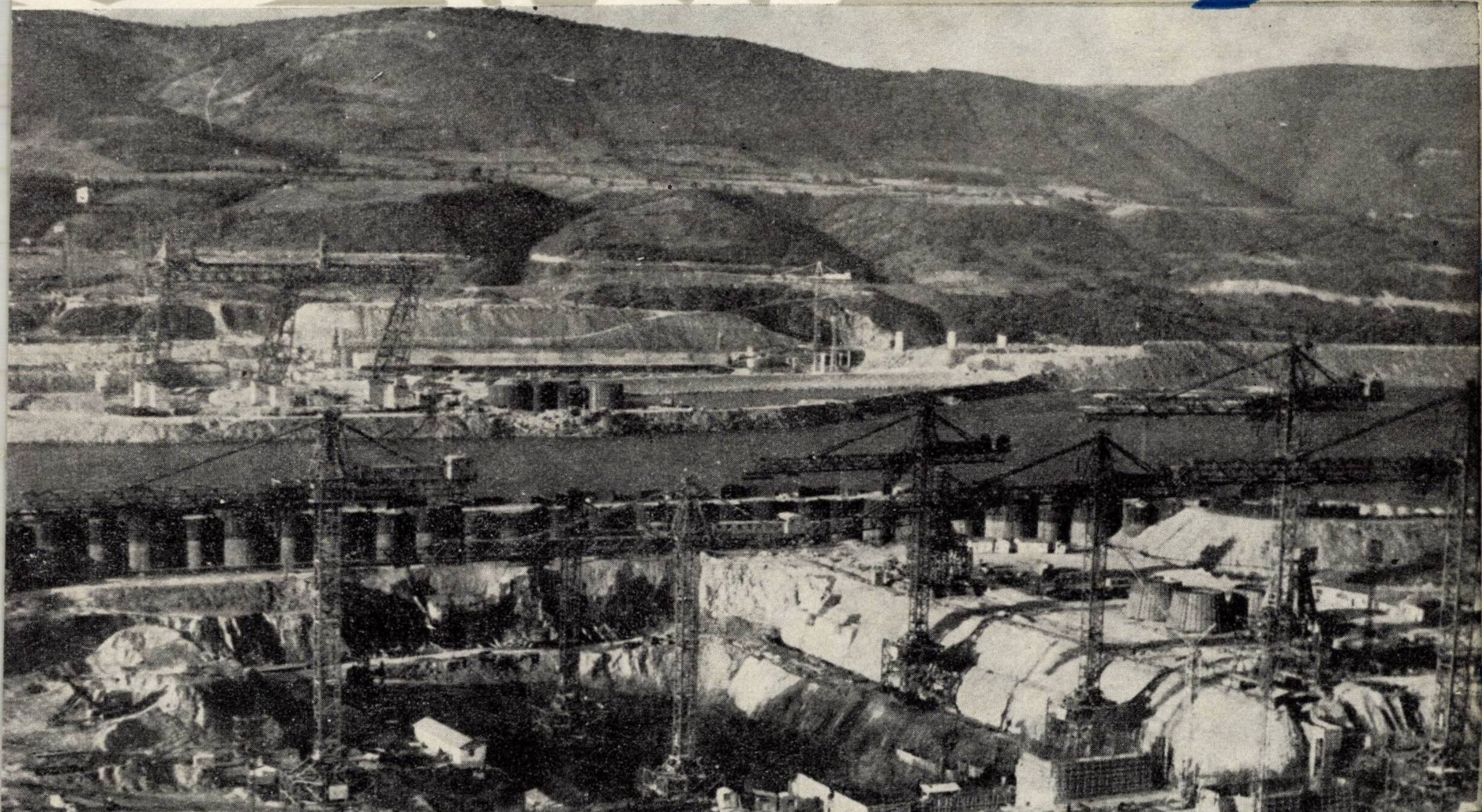
INSTITUTUL DE STUDII SI

* Activitate complexă de proiectare în domeniul amenajărilor hidroenergetice cuprinzînd: studii şi prospecţiuni de teren, cercetări de laborator, proiecte de baraje, centrale, galerii, asistenţă tehnică şi engineering

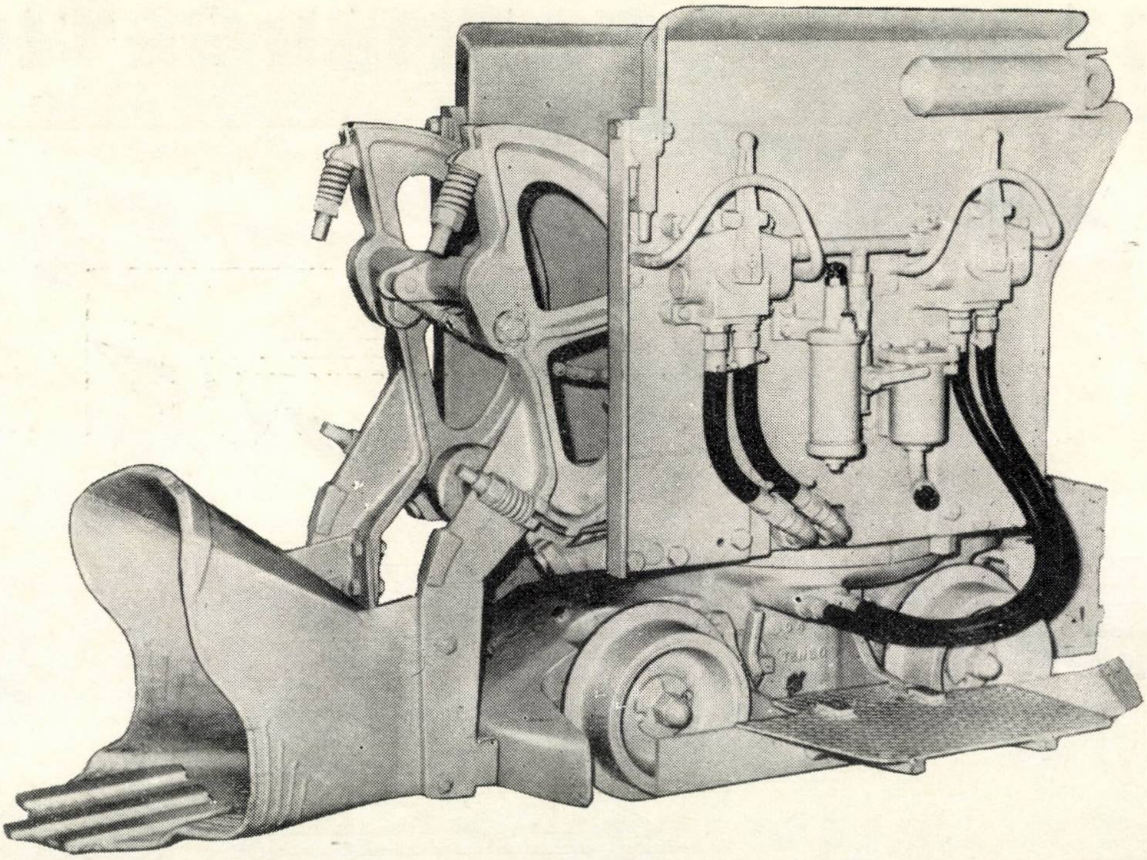
* Activité complexe pour projets d'aménagements hydroêlectriques, comprenant: levers topo-gêodésiques, recherches de laboratoire, projets pour barrages, usines hydroélectriques, galeries, assistance technique et engineering.

* Complex activity for hydroelectrical developments designs as topo-geodesic survey, prospections, laboratory researches, designs for dams, power plants, tunnels, technical guidance and engineering.

ECTARI HIDROENERGETICE



L M 56 încarcă 60 m^3 pe oră de rocă explodată



L M 56 lucrează la întreaga sa capacitate chiar şi în spaţii limitate.

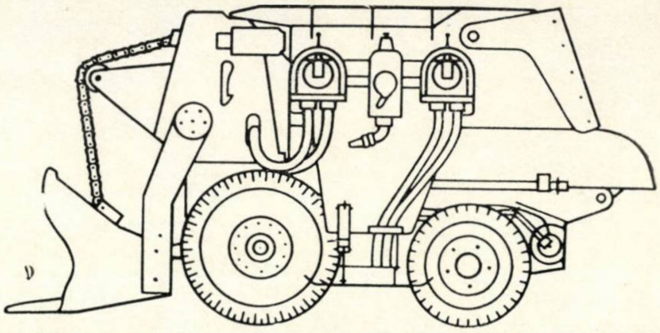
Se poate deplasa uşor în galerii înguste de 2—2,5 m şi cu înălţimi sub 2,4 m.

L M 56 are un motor cu aer comprimat de 20 CP şi o cupă de mare capacitate, care asigură un randament superior de lucru.

Atlas Copco livrează încărcătoare pe şine şi basculante pe pneuri de diferite dimensiuni.

L M 56 se manipulează cu uşurinţă, are o bună vizibilitate şi o mare viteză de funcţionare, iar cupa pătrunde uşor în materialul de încărcat.

Desenul din dreapta reprezintă încărcătorul basculant pe pneuri.



La cerere puteţi obţine documentaţie tehnică gratuită folosind cuponul alăturat.

Încercuiţi pătratul utilajului care vă interesează şi pătratul corespunzător limbii în care doriţi să primiţi documentaţia tehnică, notaţi denumirea şi adresa întreprinderii dv., tăiaţi cuponul şi expediaţi-l pentru:

ATLAS COPCO AB,
Stockholm 1—SUEDIA

Atlas Copco

Trimiteţi documentaţie pentru:

☐ încărcătoare basculante pe şine

☐ încărcătoare basculante pe pneuri

lb. engleză ☐ lb. franceză ☐ lb. germană ☐

Denumirea întreprinderii ____________________

Adresa întreprinderii ____________________

____

____

6/68

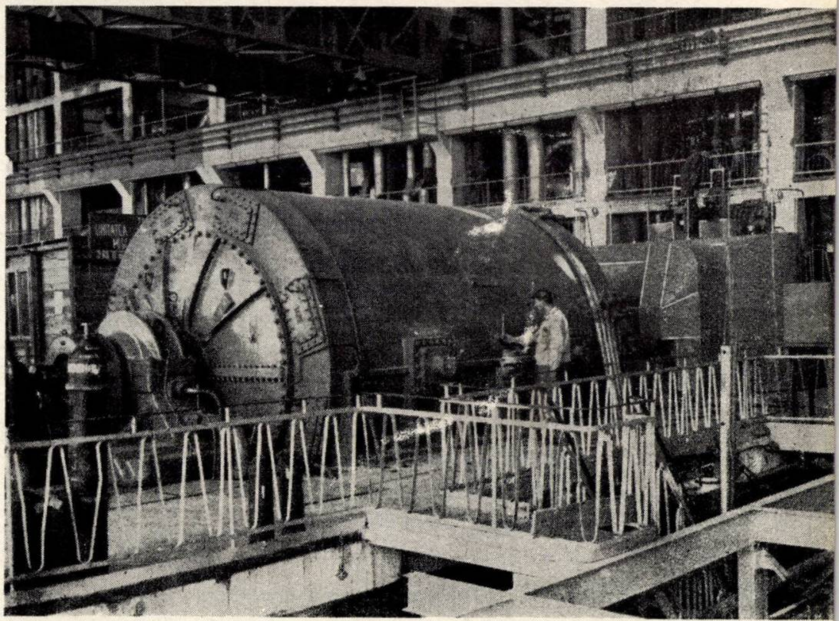
IRE BRAȘOV

- Exploatează instalații pentru producerea, transportul și distribuția energiei electrice.
- Execută rețele electrice de medie și joasă tensiune, extinderi de rețele, instalații interioare și posturi de transformare.
- Proiectează rețele, posturi și stații de transformare, instalații pentru electrificări rurale, automatizări și modernizări de instalații electrice

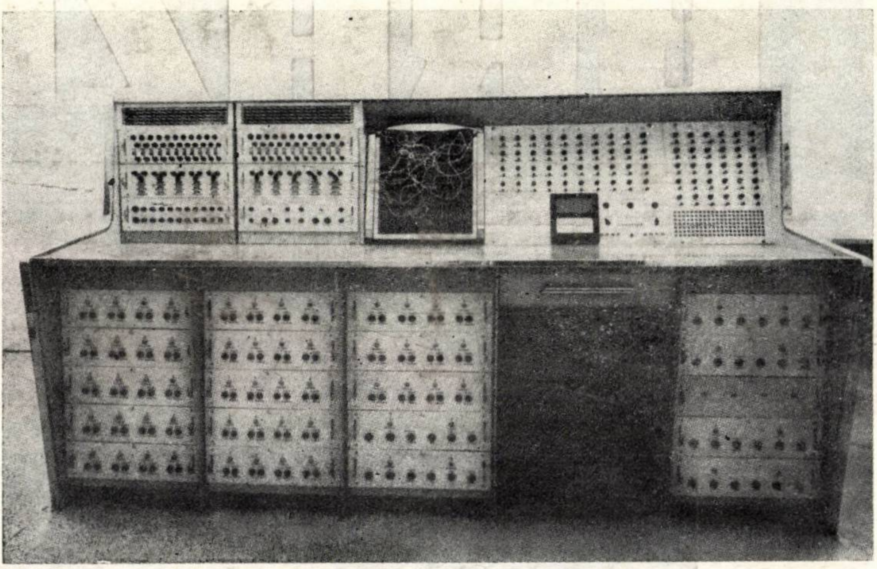
C.E.T. ORADEA

- *ÎNTREPRINDERE PRODUCĂTOARE DE ENERGIE ELECTRICĂ ŞI TERMICĂ ÎNZESTRATĂ CU ECHIPAMENTE ŞI INSTALAŢII MODERNE:*
  - grupuri cu o putere totată de 105 MW, cu condensatie şi prize de termoficare
  - cazane de abur cu un debit total de 680 t/h, functionînd cu cărbune sau păcură la 140 ata şi 570°C
  - răcirea apei se face in circuit mixt cu turnuri cu tiraj fortat
  - automatizarea electronică a procesului tehnologic
- *PRIN PROCESUL DE PRODUCŢIE ÎNTREPRINDEREA ASIGURĂ*
  - alimentarea cu energie electrică şi termică zona industrială a oraşului Oradea şi împrejurimi
  - termoficarea orasului Oradea
- *C.E.T ORADEA ESTE INTERCONECTATĂ LA SISTEMUL ENERGETIC NAŢIONAL.*

IEC BRAZI



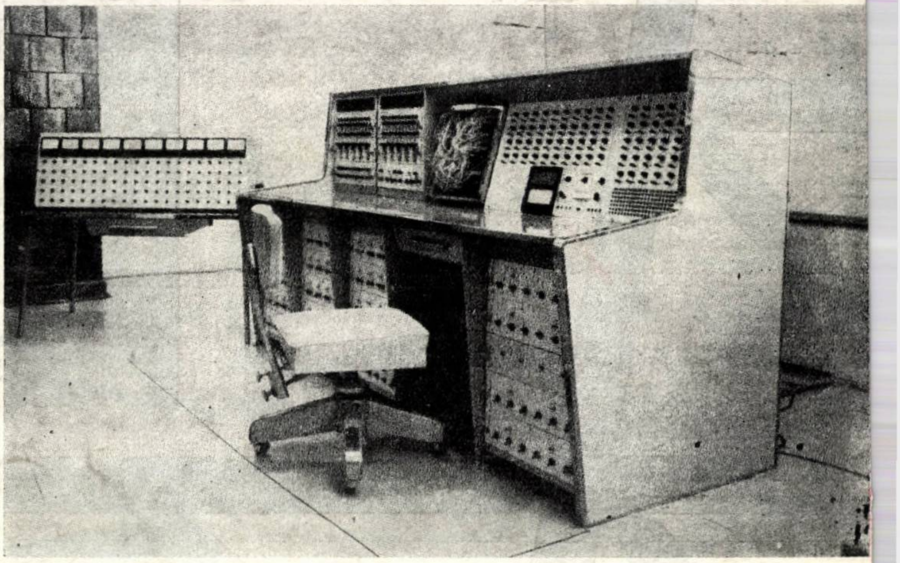
- produce și furnizează sistemului energetic național energie electrică
- asigură cu energie electrică și căldură consumatorii din orașul și zona industrială Ploiești.



dispune de un calculator analogi
avînd următoarele caracteristici:
- — 66 amplificatoare operaționale;
- — 12 generatoare de funcții;
- — 10 limitatoare;
- — 2 comparatoare-limitatoare;
- — 70 potențiometri coeficienți;
- — panouri de interconexiune inter schimbabile.

Calculatorul permite în general rezolvarea problemelor în care intervi
ecuații diferențiale liniare sau neliniarități statice, ca, de exemplu:

- — acordarea regulatoarelor de:
  - — tensiune;
  - — turație;
  - — ardere a cazanelor;
  - — putere (ale centralelor care participă la reglarea frecvență-putere;
  - — nivel (ale centralelor hidroelectrice funcționînd pe canal);



- — determinarea caracteristicilor dinamice (funcțiilor de transfer) ale elementelor de automatizare și ale agregatelor automatizate;
- — alegerea schemelor optime de reglare a arderii;
- — rezolvarea ecuațiilor privind fenomenele de propagare a căldurii;
- — rezolvarea ecuațiilor privind fenomenele de supratensiuni de comutație;
- — determinarea repartiției optime a sarcinii între:
  - — agregatele unei centrale;
    - - între cazane,
    - - între turbine,
  - — centralele interconectate.

Pentru efectuarea operațiilor indicate, I.R.M.E. pune la dispoziție calculatorul analogic și asistență tehnică pentru rezolvarea acestor probleme. Comenzile se primesc la sediul I.R.M.E. din București, Sectorul 4, str. Doamnei nr. 14

I.E.SIBIU

Produce, transportă și ditribuie:

- energie electrică în rețele electrice de înaltă, medie și joasă tensiune.

Execută:

- reparații și verificări de aparate electrice de măsură și control în laboratorul P.R.A.M.

Proiectează:

- posturi și stații de transformare
- linii electrice aeriene și subterane de transport și distribuție
- instalații de iluminat exterior

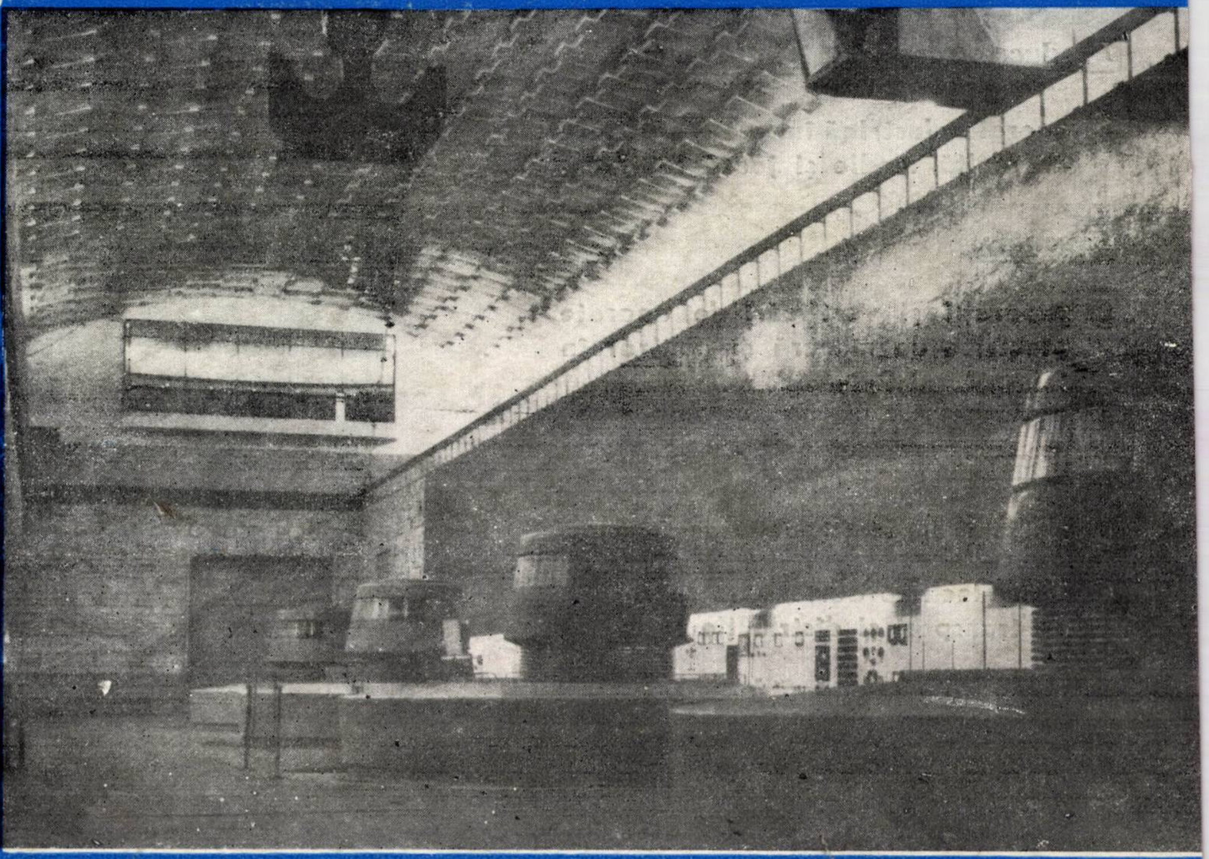
I.C.H. ARGES

Întreprinderea Centrala hidroelectrică Argeş, cu sediul în comuna Corbeni, judeţul Argeş, furnizează energie electrică sistemului energetic naţional prin centralele sale:

- CHE Argeş, de 220 MW;
- CHE Oeşti, de 15 MW;
- CHE Albeşti, de 15 MW.

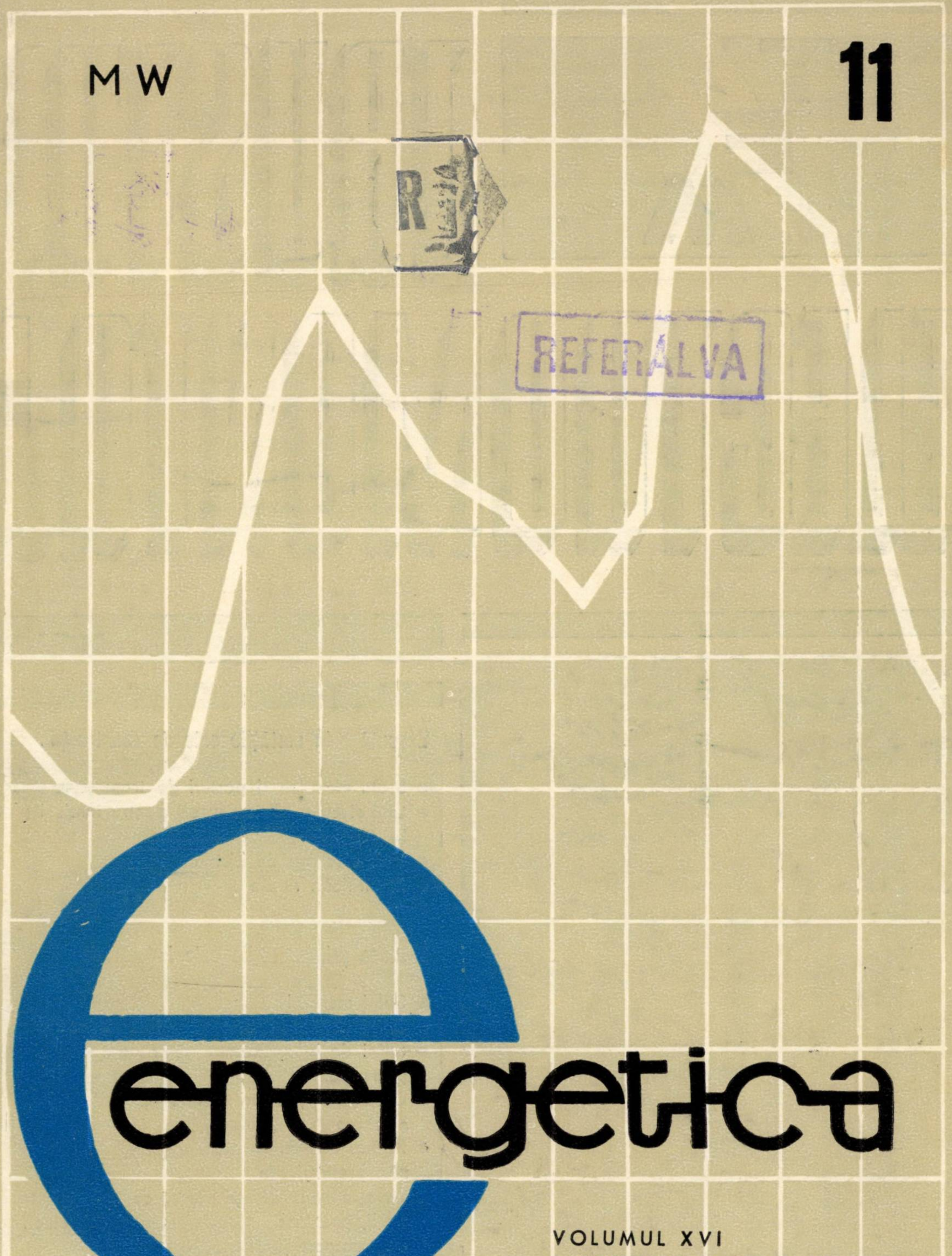
Prin exploatarea raţională a lacului de acumulare, creat prin barajul Vidraru, se furnizează anual o cantitate de circa 450 mil. kWh energie electrică.

Energia electrică furnizată, injectată la tensiunea de 400 kV, alimentează consumatorii industriali din zonă, printre care Combinatul de aluminiu Slatina.



E 2039

11



R

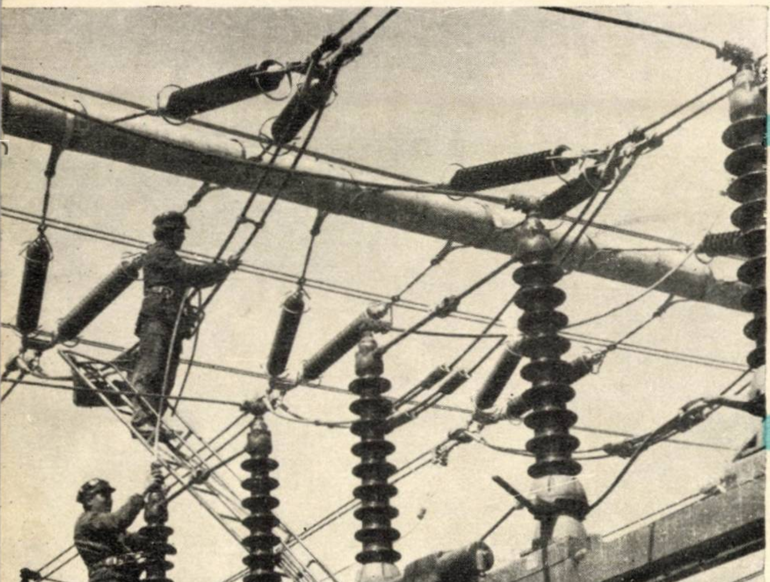
REFERÁLVA

energetica

VOLUMUL XVI
BUCUREȘTI • NOIEMBRIE 1968

TEM

TRUSTUL ELECTROMONTAJ



Execută prin unitățile sale de construcții:

- Statii electrice și posturi de transformare
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distributie
- Electrificări rurale

Produce prin unitățile sale industriale:

- Stîlpi metalici
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionați
- Celule și panouri pentru centrale și statii electrice
- Posturi de transformare urbane și rurale complet prefabricate
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, stații, posturi de transformare și linii electrice de transport și distributie

BUCUREȘTI, CALEA MOȘILOR 158 TELEFON 16.63.30

E 2039

ORSZÁGOS MŰSZAKI DOKUMENTÁCIÓS KÖNYVTÁR 1883

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 16 Nr. 11 NOIEMBRIE

Cuprinsul

Goldenberg, C. şi *Ionescu, S.* **Model de programare liniară pentru previziunea dezvoltării centralelor electrice (III)** 481—487

Badea, I. A., Semedrea, M. şi *Tauber, L.* **Centralizarea conducerii şi automatizarea instalaţiilor hidrotehnice ale centralelor termoelectrice mari** 488—493

Stein, M. şi *Grigoriu, V.* **Nivelul puterilor de scurtcircuit pe barele de 6 (10) kV în centrale şi staţii electrice** 494—501

Albert, H. şi *Brădescu, M.* **Posibilităţi de simplificare a schemelor staţiilor electrice de conexiuni pe considerente de siguranţă în funcţionare** 501—509

Staicu, C. I. **Diametrul ţevii de distribuţie a apei în turnul de răcire** 510—512

ORGANIZAREA ŞTIINŢIFICĂ A PRODUCŢIEI ÎN SECTORUL ENERGETIC

Marinescu, Gh. şi *Popescu, T.* **Metodă de calcul pentru amplasarea unităţilor (centrelor) de exploatare a instalaţiilor electrice** 512—517

Cârlan, M. **Utilizarea corelaţiei multiple şi a regresiei curbilinii la determinarea duratei lucrărilor de reparaţii** 518—523

CRONICĂ

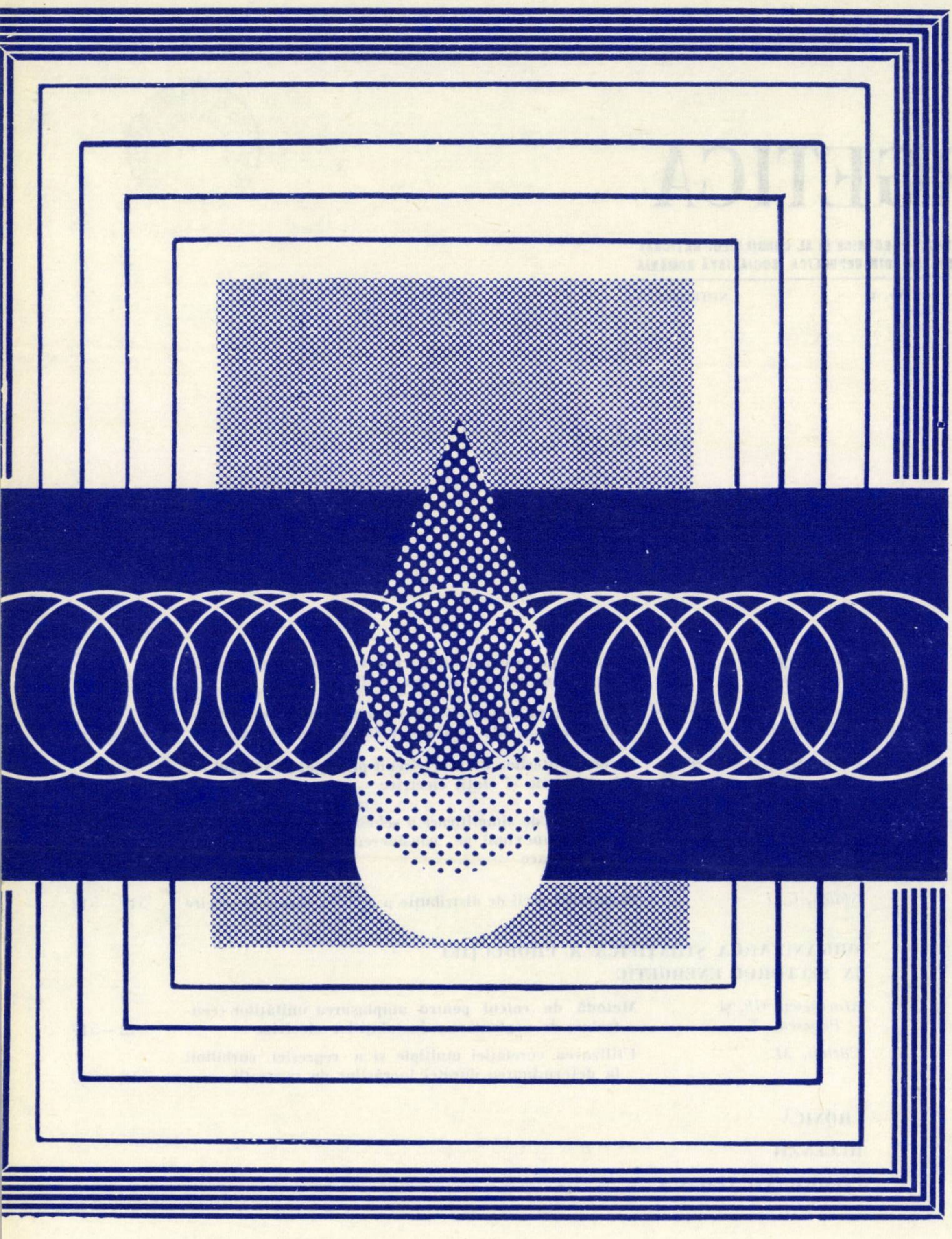
RECENZII

INFORMAŢII TEHNICE

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. ing. I. D. STANCESCU, redactor responsabil, ing. G. IORGULESCU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, ing. ST. BERENGHI, conf. ing. A. COGĂLNICEANU, conf. ing. E. CONSTANTINESCU, ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, laureat al Premiului de Stat, ing. H. FURTUNESCU, ing. L. LUCA, ing. B. MARCU, ing. A. MACRIŞ, conf. ing. C. MIHĂILEANU, conf. ing. V. NIŢU, ing. A. SPINU

OFICIUL DE DOCUMENTARE ŞI PUBLICAŢII TEHNICE
AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE



WOFATIT

Tratarea apei în toate ramurile industriale:

Tratarea apei de alimentare a cazanelor, a condensatului şi a apei folosite industrial prin dedurizare, desalinare, curăţire de nisip, fisionarea bicarbonatului de sodiu şi cleionaj (limpezire cu ajutorul cleiului de peşte).
La cererea dv. vă punem la dispoziţie material informativ.

VEB FARBENFABRIK WOLFEN
Informaţii ref. la export distribuie:
CHEMIE — EXPORT — IMPORT
DDR — 1055 Berlin, Storkower Str. 133.
Republica Democrată Germană

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.311.2 :681.3.01

Гольденберг, К. и *Ионеску, С.*: **Модель линейкого программирования для предусмотрения развития электростанций (III).**

Приводится алгорифм и логическая схема для исследования влияния резервной мощности, необходимой пику, на направление экономичности оптимального решения. Статья содержит также ряд применений предложенного алгорифма.

Energetica 16 (1968), No. 11, стр. 481–487

ДК 621.311.22 :621-52

Бадя, И. А., *Семедря, М.* и *Таубер, Л.*: **Централизация управления и автоматизации гидротехнических установок на крупных теплоэлектростанциях.**

Излагаются выгоды концентрирования управления в камерах и приводятся принятые схемы для крупных теплоэлектростанций нашей страны.

Energetica 16 (1968), No. 11, стр. 488–493

ДК 621.311.2 : 621.311.4 : 621.3.026

Штейн, М. и *Григориу, В.*: **Соображения относительно уровня мощности коротких замыканий на шинах 6 (10) кв. на электростанциях и подстанциях**

Разбирается вопрос в связи предусматриваемыми мерами для поддержания мощности коротких замыканий, в частности в сетях среднего напряжения, на уровнях, позволяющих осуществление установок в экономических пределах. Предусматриваются также некоторые меры для сокращения расходов в кабельных сетях среднего напряжения.

Energetica 16 (1968), No. 11, стр. 494–501

ДК 621.311.4 :621.316.1

Альберт, Х. и *Брэдеску М.*: **Возможности упрощения схем соединительных электростанций по соображениям надежности.**

В статье приводится ряд соображений в связи с возможностью упрощения схем соединительных электростанций, учитывая необходимую надежность работы и возможные дефекты.

Energetica 16 (1968). No. 11, стр. 501–509

ДК 621.565.931

Стайку, К. И.: **Диаметр распределительного водопровода градирни.**

На основе размерного анализа, предлагается метод определения диаметра распределительных водопроводов в градирнях.

Energetica 16 (1968), No. 11, стр. 510–512

ДК 621.311

Маринеску, Г. и *Попеску, Т.*: **Метод для размещения эксплуатационных пунктов (центров) электрических установок.**

Предлагается метод расчёта для установления числа эксплуатационных центров на территории считающейся сплошной с точки зрения плотности электрических установок.

Energetica 16 (1968). No. 11, стр. 512–517

ДК 621.3.004.67

Кырлан, М.: **Применение кратной корреляции и криволинейкого регресса при определении длительности ремонтных работ.**

Исходя из соображений зависимости ремонтных работ энергетического оборудования от численности и квалификации бригад, автор определяет аналитическое соотношение этой зависимости, при помощи статистических математических методов.

Energetica 16 (1968), No. 11, стр. 518–523

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.311.2 :681.3.01

Goldenberg, C. und *Ionescu, S.*: **Lineares Programmierungsmodell für Ermittlung der künftigen Entwicklung eines Kraftwerknetzes (III).**

Ein Algorythmus und ein logisches Schema für Untersuchung des Einflusses der Reservespitzenleistung in Bezug auf Richtung und Wirtschaftlichkeit der Optimalauslegung werden beschrieben. Der Beitrag enthält weiterhin eine Reihe von Anwendungsbeispielen des vorgeschlagenen Algorythmus.

Energetica 16 (1968), H. 11, S. 481–487

DK 621.311.22 :621.52

Badea, I. A., *Semedrea, M.* und *Tauber, L.*: **Zentralisierung der Steuerung und Automatisierung von Wasserversorgungsanlagen grosser Wärmekraftwerke**

Es werden Vorteile der Zusammenfassung der Steuerung von Wasserversorgungsanlagen grosser Wärmekraftwerke in Schaltwarten und die in einigen Kraftwerken des Landes angewendeten Lösungen dargestellt.

Energetica 16 (1968), H. 11, S. 488–493

DK 621.311.2 :621.311.4 :621.3.026

Stein, M. und *Grigoriu, V.*: **Betrachtungen über Kurzschlussleistungspegel an 6 (10) kV-Sammelschienen in Kraftwerken und Umspannanlagen**

Es werden Fragen im Zusammenhang mit den für Beibehaltung von Kurzschlussleistungen, im besonderen in Mittelspannungsnetzen, in Betracht gezogenen Massnahmen, mit dem Ziel die Anlagen in wirtschaftlich tragbaren Bedingungen zu bauen erörtert. Es werden einige Wege zur Herabsetzung der Kosten in Kabelnetzen mittlerer Spannung vorgeschlagen.

Energetica 16 (1968), H. 11, S. 494–501

DK 621.311.4 :621.316.1

Albert, H. und *Brădescu, M.*: **Vereinfachungsmöglichkeiten von Schaltbildern elektrischer Schaltwarten unter Berücksichtigung der Betriebssicherheit**

Es werden Betrachtungen über die Vereinfachungsmöglichkeiten von Schaltbildern elektrischer Schaltwarten unter Berücksichtigung der erforderlichen Betriebssicherheit und möglicher Störungen erörtert.

Energetica 16 (1968), H. 11. S. 501–509

DK 621.565.931

Staicu, C. I.: **Durchmesser von Wasserverteilungsleitungen in Kühltürmen**

Mit Hilfe dimensionaler Berechnungen wird ein Verfahren für Ermittlung des Rohrdurchmessers von Wasserverteilungsleitungen in Kühltürmen vorgeschlagen.

Energetica 16 (1968), H. 11, S. 510–512

DK 621.311

Marinescu, Gh. und *Popescu, T.*: **Berechnungsverfahren der örtlichen Verteilung der Umspannanlagen in Verbundnetzen**

Es wird ein Berechnungsverfahren für Ermittlung der Anzahl von Schaltwarten innerhalb eines von Standpunkt der Dichte elektrischen Anlagen als gleichmässig betrachteten Gebietes vorgeschlagen.

Energetica 16 (1968), H. 11, S. 512–517

DK 621.3.004.67

Cârlan, M.: **Inbetrachtziehung vielfältiger Abhängigkeiten und Anwendung geometrischer Regression für Ermittlung der Dauer von Überholungsarbeiten von Anlagen für Energieerzeugung**

Die Abhängigkeit der Dauer von Überholungsarbeiten von Anlagen für Energieerzeugung von Anzahl und Ausbildung der mit der Ausführung beauftragten Mannschaft wird vom Verfasser unter Zuhilfenahme von Verfahren der mathematischen Statistik als Ausgangspunkt für Ermittlung der Beziehungen dieser Abhängigkeit verwendet.

Energetica 16 (1968), H. 11, S. 518–523

SOMMAIRE

CD 621.311.2 :681.3.01

Goldenberg, C. et *Ionescu, S.* : **Modele de programmation linéaire pour la prévision du développement des centrales électriques (III)**

Il s'agit d'un algorithme et du schéma logique pour étudier l'influence de la puissance de réserve, demandée par la pointe, sur le sens et l'économicité de la solution optimum. L'article contient aussi une série d'applications de l'algorithme proposé.

Energetica 16 (1968), no. 11, p. 481–487

CD 621.311.22 :621.52

Badea, I. A., Semedrea, M. et *Tauber, L.* : **La centralisation de la commande et l'automatisation des installations hydrotechniques des grandes centrales thermiques**

Présentation des avantages dus à la concentration des commandes dans les salles de commande et schémas adoptés pour les grandes centrales thermiques de Roumanie.

Energetica 16 (1968), no. 11, p. 488–493

CD 621.311.2 :621.311.4 :621.3.026

Stein, M. et *Grigoriu, V.* : **Considérations sur les niveaux des puissances de court-circuit sur les jeux de barres à 6 (10) kV des centrales et des postes électriques**

Les problèmes sont traités par rapport aux mesures prévues pour maintenir les puissances de court-circuit, particulièrement dans les réseaux de moyenne tension, à des niveaux permettant de réaliser les installations dans les limites économiques. On présente aussi certaines mesures à prendre pour réduire les dépenses dans les réseaux de câbles des installations de moyenne tension.

Energetica 16 (1968), no. 11, p. 494–501

CD 621.311.4 :621.316.1

Albert, H. et *Brădescu, M.* : **Les possibilités de simplification des schémas des postes électriques de connexion, sur des considérations de sécurité de fonctionnement**

L'article réunit une série de considérations sur les possibilités de simplification des schémas des postes électriques, en tenant compte des défauts possibles et de la sécurité de fonctionnement nécessaire.

Energetica 16 (1968), no. 11, p. 501–509

CD 621.565.931

Staicu, C. I. : **Diamètre du tuyau distributeur d'eau dans les tours de réfrigération**

On propose une méthode d'établissement du diamètre des tuyaux distributeurs d'eau dans les tours de réfrigeration, à base de l'analyse dimensionnelle.

Energetica 16 (1968), no. 11, p. 510–512

CD 621.311

Marinescu, Gh. et *Popescu, T.* : **Une méthode de calcul pour l'emplacement des centres d'exploitation des installations électriques**

Les auteurs proposent une méthode de calcul pour établir le nombre de centres d'exploitation sur un territoire considéré comme homogéne du point de vue de la densité des installations électriques.

Enerpetica 16 (1968), no. 11, p. 512–517

CD 621.3.004.67

Cârlan, M. : **L'utilisation de la corrélation multiple et de la regression curviligne pour déterminer la durée des travaux de réparation**

En partant de l'idée de la dépendence de la durée des travaux de réparation de l'équipement électrique du nombre et du degré de qualification de l'équipe, l'auteur établit la relation analytique de cette dépendence par l'emploi de méthodes de statistique mathématique.

Energetica 16)1968), no. 11, p. 518–523

CONTENTS

DC 621.311.2 :681.3.01

Goldenberg, C. and *Ionescu, S.* : **A model of linear programming for the prognosis of the development of power stations (III)**

This article includes an algorithm and a logical scheme for studying the influence of reserve power, necessary at the peak, upon the direction and the economicity of the optimal solution followed by a series of applications of the proposed algorithm.

Energetica 16 (1968), nr. 11, p. 481–487

DC 621.311.22 :621.52

Badea, I. A., Semedrea, M. and *Tauber, L.* : **Centralized control and automation of hydrotechnical installations at large thermal power stations**

Advantages following the grouping of controls in control rooms are presented by the authors who also give some diagrams adopted for large thermal power stations in Romania.

Energetica 16 (1968), nr. 11, p. 488–493

DC 621.311.2 :621.311.4 :621.3.026

Stein, M. and *Grigoriu, V.* : **Considerations on short circuit power levels on 6 (10) kV bus bars of power plants and stations**

Problems connected with the proposed measures in view to maintain short circuit power especially in medium voltage networks at levels permitting the construction of installation in economic limits and some proposals to reduce medium voltage cable netwok costs.

Energetica 16 (1968), nr. 11, p. 494–501

DC 621.311.4 :621.316.1

Albert, H. and *Brădescu, M.* : **Some possible simplifications of power substations diagrams based on considerations of safety**

The authors join in this article a series of considerations on the possible simplification of power substations diagrams while considering the safety need for operation and possible failures.

Energetica 16 (1938), nr. 11, p. 501–509

DC 621.565.931

Staicu, C. I. : **Diameter of water distribution pipes in cooling towers**

On the basis of dimensional analysis a method is proposed for establishing the diameter of water distribution pipes in cooling towers.

Energetica 16 (1968), nr. 11, p. 510–512

DC 621.311

Marinescu, Gh. and *Popescu, T.* **Calculation method for location of operating centres for power installations**

A calculation method is proposed for establishing the number of operating centres on a territory considered homogenous from the point of view of electrical installations.

Energetica 16 (1968), nr. 11, p. 512–517

DC 621.3.004.67

Cârlan, M. : **The use of multiple correlation and curvilinear regression for establishing the duration of repair works**

Starting from the idea of interdependence between the duration of repair works on power equipment and the number and qualification grades of the repair team, the author establishes the analytical relation of this interdependence by using mathematical statistics methods.

Energetica 16 (1968), nr. 11, p. 518–523

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

Model de programare liniară pentru previziunea dezvoltării centralelor electrice (III)

Algoritm pentru studierea influenţei puterii de rezervă necesare la vîrf asupra sensului de economicitate a soluţiei optime

Ing. C. Goldenberg şi ing. S. Ionescu *)

Stabilirea structurii optime a centralelor electrice din sistem cu ajutorul programării matematice impune considerarea puterii de rezervă într-un mod diferit de cel utilizat în studiul comparativ al unor variante de structură.

Dacă structura optimă se determină prin compararea unor variante — considerate iniţial promiţătoare şi care îndeplinesc condiţiile tehnice — soluţionarea constă în a calcula, după o metodă acceptată, puterea de rezervă necesară şi a o îngloba în cadrul variantei studiate. În acest fel, fiecărei variante de structură examinate îi corespunde puterea de rezervă necesară în funcţie de : nivelul total al puterii, sarcina maximă, proporţia tipurilor de centrale (termo, hidro etc.), mărimea unitară a agregatelor etc., — proprie variantei respective.

Determinarea structurii optime prin programare matematică prezintă, din acest punct de vedere, o situaţie calitativ diferită ; în drumul spre stabilirea soluţiei optime şi în acest caz are loc compararea unor variante, însă acestea nu sînt totdeauna cele caracteristice din punct de vedere tehnic, ci reprezintă etape de rezolvare matematică a problemei. Chiar dacă am cunoaşte aceste variante (ceea ce presupune urmărirea drumului parcurs în rezolvare), în ipoteza că acestea ar fi tehnic semnificative, asocierea puterii de rezervă necesare fiecărei variante este dificilă.

Dificultatea provine în special datorită necesităţii determinării puterii pentru rezerva de avarie, a cărei mărime este dependentă atît de agregatul respectiv, dar şi de optimul în ansamblu, care pînă în final rămîne necunoscut.

În cele ce urmează se propune un algoritm prin care, în modelul de programare liniară pentru previziunea dezvoltării centralelor electrice, să se ţină seamă în mod obiectiv de puterea de rezervă necesară. Totodată se prezintă spre exemplificare o serie de calcule numerice în aplicarea algoritmului propus.

1. Formularea problemei

Restricţia de tip I „acoperirea necesarului maxim anual de putere" din cadrul modelului propus [1] este formulată prin relaţia :

$$\sum_m (1 - \varepsilon_m)\, \beta_m\, P_m\, \xi_m \geqslant P^{an} + P_r\ [GW] \quad (1)$$

pentru $\sum_m$, care parcurge mulţimea tuturor centralelor electrice,

unde

m este indicele care caracterizează o anumită centrală electrică sau o categorie de centrale din cele noi;

P_m — puterea instalată a centralei (sau a categoriei de centrale), GW;

ξ_m — necunoscuta strategică, $\xi_m \leqslant 1$.

Pentru centralele existente sau angajate, $\xi_m = 1$. Pentru centralele noi, puterea optimă rezultată a fi instalată din cadrul centralelor de categoria m va fi $P_m \xi_m$.

β_m — coeficientul puterii efectiv disponibile iarna (raportul dintre puterea efectiv disponibilă şi cea instalată);

ε_m — consumul serviciilor interne ale centralei, GW/GW;

P^{an} — puterea maximă anuală în sistemul interconectat, exclusiv consumul tehnologic al centralelor (cuprinzînd puterea corespunzătoare consumului brut-intern şi pierderi — scăzînd serviciile interne ale centralelor), GW;

P_r — puterea de rezervă necesară la vîrf, [GW] corespunzătoare structurii programului optim rezultat. Aceasta va fi denumită în cele ce urmează fie „putere de rezervă necesară la vîrf" sau, mai scurt, „putere de rezervă necesară".

Relaţia (1) exprimă că : suma puterilor efectiv disponibile nete ale centralelor în luna decembrie trebuie să fie mai mare, cel mult egală cu puterea maximă anuală plus puterea de rezervă la vîrf.

În relaţia (1) sînt cunoscute ε_m, β_m, P_m, şi P^{an}, necunoscutele fiind ξ_m şi P_r.

Puterea de rezervă la vîrf P_r (se au în vedere rezervele : de reparaţie, de avarie şi reglajul frecvenţei) poate fi exprimată prin funcţia :

$$P_r = f\left(P^{an},\ \xi_m,\ m,\ \frac{P_m}{Z_m},\ G,\ r_m,\ q_m,\ s\right) [\mathrm{GW}] \quad (2)$$

în care, pe lîngă notaţiile evidenţiate anterior,

$\frac{P_m}{Z_m}$ este puterea unitară a agregatului pentru centrala (categoria de centrale) m, GW; Z_m fiind numărul de agregate de aceeaşi putere unitară;

---

*) Ing. C. Goldenberg şi ing. S. Ionescu sînt proiectanţi consilieri la Institutul de studii şi proiectări energetice.

G — aria oferită pentru reparaţii de curba sarcinilor maxime lunare (golul de vară), GWh;

r_m şi q_m — coeficientul de reparaţii planificate, respectiv probabilitatea de avarie pentru agregatele caracterizate prin indicele m, %;

s — indicatorul de siguranţă considerat (acesta ar putea fi: probabilitatea de a dispune de o putere mai mică, cel mult egală cu puterea maximă de vîrf, sau timpul de neasigurare a sarcinilor maxime zilnice exprimat în 1 zi la un anumit număr de ani sau volumul energiei nelivrate anual etc., etc.).

Relaţia (2) este neliniară, fapt care se datoreşte în principal cuprinderii în aceasta a rezervei de putere pentru avarie; din acest motiv, nu poate fi explicitată o relaţie care înlocuită în (1) să conducă la o formă liniară a restricţiei de tip I, în care să se ţină seamă, direct, prin formularea adoptată, de valoarea lui P_r, proprie variantelor comparate.

Se poate pune întrebarea: care sînt implicaţiile introducerii în relaţia (1) a unei valori oarecare pentru puterea de rezervă necesară la vîrf, fie aceasta P_r^* în situaţia în care $P_r^* \neq P_r$?

O astfel de soluţionare nu poate fi acceptată, deoarece aceasta ar însemna că structura rezultată a centralelor, atît ca nivel (totalul puterii) cît şi configuraţie (proporţiile diferitelor tipuri de centrale), nu este în realitate cea optimă.

Se poate conchide, deci, că o condiţie *necesară* pentru introducerea unei valori în restricţia de tip I este ca $P_r^* = P_r$.

Condiţia menţionată nu este însă şi *suficientă*. Admiterea unei valori unice pentru puterea de rezervă în (1) implică faptul că toate variantele posibile de structură sînt comparate — în condiţiile criteriului economic de eficienţă admis — la acelaşi nivel total al puterii, ceea ce evident nu este corect, deoarece valorile diferite pentru puterile de rezervă necesare, proprii variantelor respective, sînt acelea care le diferenţiază din punctul de vedere al nivelului de putere.

Condiţiei necesare menţionate mai sus îi trebuie asociată deci o investigare din care să rezulte că nu sînt dezavantajate alte variante de structură posibile, care ar putea fi mai economice decît cea optimă, rezultată prin ipoteza admisă de luarea în considerare a unei valori unice pentru puterea de rezervă.

Algoritmul propus condiţionează că:

— valoarea admisă iniţial pentru puterea de rezervă (şi care se corectează prin calcule iterative) trebuie să coincidă cu cea necesară, proprie soluţiei optime;

— soluţia optimă este efectiv cea optimă, în comparaţie cu celelalte soluţii posibile, care necesită o valoare mai redusă a puterii de rezervă.

2. Descrierea algoritmului

Schema logică a algoritmului propus este prezentată în figura 1. Schema cuprinde două secţiuni denumite în cele ce urmează „secţiunea principală" şi „secţiunile secundare". Această delimitare a fost concepută deoarece este foarte probabil ca problema determinării structurii optime, în condiţiile în care se ţine seamă în mod obiectiv de puterea de rezervă necesară, să fie rezolvată prin parcurgerea numai a secţiunii principale.

2.1 Secţiunea principală

a. Se aleg, dintre posibilităţile de realizare de centrale noi cuprinse într-o listă a centralelor (ţinînd seamă de centralele existente şi angajate, precum şi de restricţiile principale ale problemei — necesităţi de putere, disponibilităţi de combustibili etc.), două variante posibile de structură, astfel încît prima să conducă la puterea de rezervă necesară la vîrf cea mai mică $(P_r)_{min}$ şi a doua la puterea de rezervă cea mai mare $(P_r)_{max}$. Acestea se obţin prin calculul cu ajutorul unei metode acceptate a rezervei de putere la vîrf. Metoda de calcul este simbolizată în schema logică prin rutina R.

Partea descrisă la § *2.1.a* este cuprinsă în figura 1, de la START la conectorul α.

b. Puterea de rezervă necesară la vîrf pentru oricare dintre variantele posibile se va plasa în intervalul $(P_r)_{min}$, $(P_r)_{max}$.

Se alege o valoare iniţială P_r^*, care satisface relaţia:

$$(P_r)_{min} \leqslant P_r^* \leqslant (P_r)_{max} \text{ [MW].} \qquad (3)$$

Această valoare se introduce în restricţia de tip I a modelului de programare liniară pentru previziunea dezvoltării centralelor electrice, simbolizat în schema logică prin rutina C.

Prin rezolvarea problemei de programare se obţine funcţia optimă de eficienţă Z^*, corespunzătoare soluţiei caracterizată prin necunoscutele strategice ξ^* iar structurii optime obţinute îi va corespunde o putere de rezervă rezultată $(P_r)_r$.

Pe de altă parte, pentru structura rezultată se determină, folosind rutina R, puterea de rezervă necesară $(P_r)_n$.

Se compară P_r^* cu $(P_r)_n$, iar prin calcule iterative, apelînd succesiv la rutinele C şi R, se ajunge la egalitatea:

$$(P_r)_r = (P_r)_n \text{ notat în continuare } P_r \text{ [MW].} \qquad (4)$$

Structura optimă este caracterizată prin funcţia optimă de eficienţă Z, corespunzătoare necunoscutelor strategice ξ.

În acest fel este îndeplinită prima condiţie : puterea de rezervă admisă iniţial coincide cu puterea de rezervă necesară proprie soluţiei rezultate.

Condiţia ca soluţia rezultată iniţial ca optimă (avînd funcţia de eficienţă Z) să rămînă cea optimă este ca :

$$\overline{Z} = Z + (p + \nu)\,[P_r - (P_r)_k] \cdot i_e = \text{minim} \leqslant Z_k \quad [\text{mil} \cdot \text{lei/an}], \qquad (5)$$

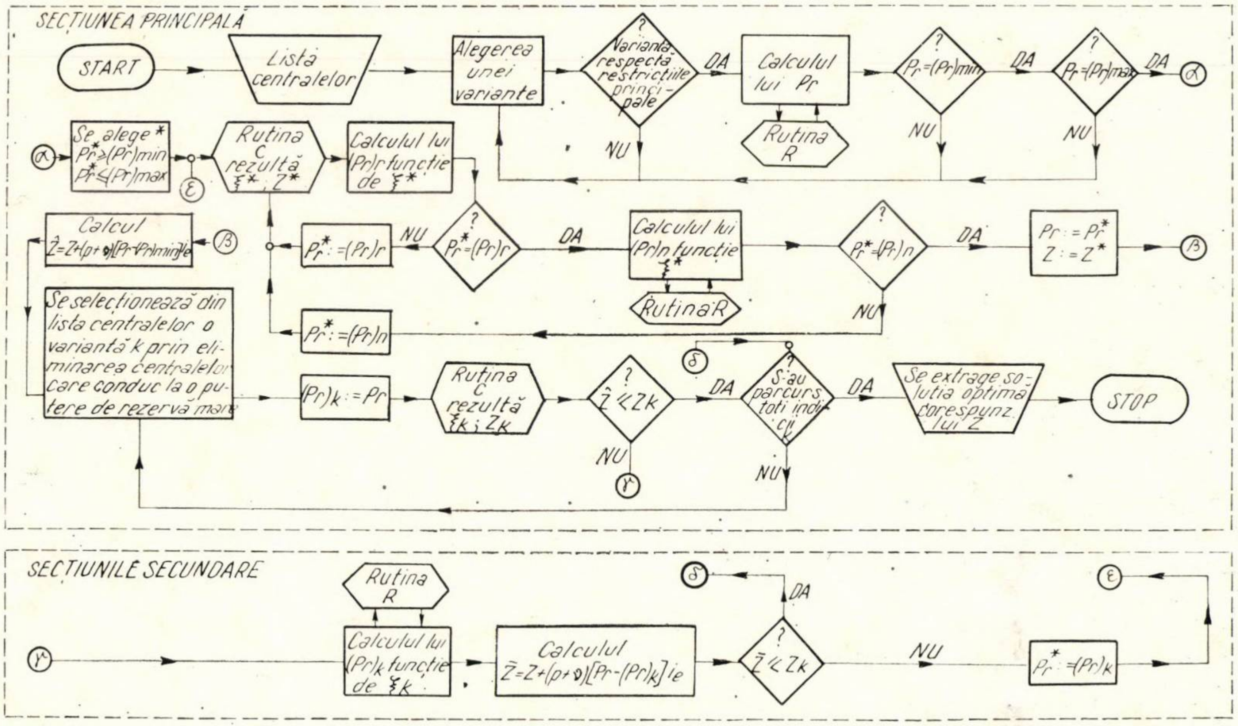

SECŢIUNEA PRINCIPALĂ
START
Lista centralelor
Alegerea unei variante
? Varianta respectă restricţiile principale
DA
NU
Calculul lui Pr
Rutina R
? Pr=(Pr)min
DA
NU
? Pr=(Pr)max
DA
NU
α
Se alege * Pr* ≥ (Pr)min Pr* ≤ (Pr)max
ε
Rutina C rezultă ξ*, Z*
Calculul lui (Pr)r funcţie de ξ*
Calcul Ẑ=Z+(p+ν)[Pr-(Pr)min]ie
β
NU
? Pr*=(Pr)r
DA
Pr* :=(Pr)r
Calculul lui (Pr)n funcţie ξ*
Rutina R
? Pr*=(Pr)n
DA
NU
Pr := Pr* Z := Z*
β
Pr* :=(Pr)n
Se selecţionează din lista centralelor o variantă k prin eliminarea centralelor care conduc la o putere de rezervă mare
(Pr)k := Pr
Rutina C rezultă ξk ; Zk
? Ẑ ≤ Zk
DA
NU
γ
δ
? S-au parcurs toţi indicii
DA
NU
Se extrage soluţia optimă corespunz. lui Z
STOP
SECŢIUNILE SECUNDARE
γ
Rutina R
Calculul lui (Pr)k funcţie de ξk
Calculul Z̄=Z+(p+ν)[Pr-(Pr)k]ie
? Z̄ ≤ Zk
DA
δ
NU
Pr* :=(Pr)k
ε

Fig. 1. Schema logică a algoritnului.

Partea descrisă la § *1.2. b.* este cuprinsă în figura 1 între conectorul α şi conectorul β.

c.1. În rezolvarea problemei de programare s-a presupus că P_r este acelaşi în toate variantele posibile care se compară.

În realitate însă, pentru celelalte variante de structură diferite de cea optimă rezultată iniţial, cu funcţia de eficienţă Z (variante pe care nu le cunoaştem), puterea de rezervă necesară va fi diferită de P_r. Fie aceasta, pentru o variantă k $(P_r)_k \neq P_r$, dar şi $(P_r)_{min} \leqslant (P_r)_k \leqslant (P_r)_{max}$.

Dacă $(P_r)_k > P_r$, soluţia rezultată optimă este cu atît mai mult economică, deoarece în varianta care necesită puterea de rezervă $(P_r)_k$ s-a introdus valoarea P_r (mai mică).

Dacă $(P_r)_k > P_r$, varianta k este dezavantajată în comparaţia tehnico-economică efectuată.

Se poate conchide deci că pentru studierea influenţei puterii de rezervă necesare la vîrf asupra sensului de economicitate a soluţiei optime interesează numai variantele pentru care $(P_r)_k < P_r$.

adică, dintre toate valorile posibile ale lui Z_k, valoarea lui $\overline{Z}$ să fie cea mai mică.

În relaţia (5) s-au notat prin :

Z — cheltuielile anuale de calcul pentru soluţia iniţială optimă, stabilită pentru puterea de rezervă la vîrf P_r, mil. lei/an ;

p — coeficientul normat al eficienţei relative, an^{-1} ;

ν — cota anuală de cheltuieli fixe pentru puterea instalată suplimentar, an^{-1} ;

i_e — investiţia specifică de echivalare, mil. lei/MW.

Calculul funcţiei de eficienţă $\overline{Z}$ din relaţia (5) presupune însă cunoaşterea valorii lui $(P_r)_k$ pentru fiecare variantă k.

c. 2. Pentru a evita, într-o primă treaptă de calcul, stabilirea lui $(P_r)_k$, se poate pune o condiţie şi mai restrictivă (în sensul că soluţia rezultată iniţial este cu atît mai mult economică) dacă o altă funcţie de eficienţă $\hat{Z}$ este cea mai mică (cel mult egală) dintre toate valorile posibile ale lui Z_k.

$$\hat{Z} = Z + (p + \nu)\,[P_r - (P_r)_{min}] \cdot i_e = \text{minim} \quad [\text{mil.lei/an}]. \qquad (6)$$

De această dată $(P_r)_{min}$ este o cunoscută a problemei, iar funcţia de eficienţă Z_k, cu necunoscutele strategice ξ_k, corespunde introducerii în restricţia de tip I a modelului de programare (rutina *C*) a valorii puterii de rezervă iniţiale P_r, variantele *k* selecţionîndu-se prin eliminarea, pe rînd, din lista centralelor posibile a centralelor care conduc la o putere de rezervă mare (în principal unele dintre centralele termoelectrice echipate cu puterile unitare cele mai mari – care sînt cuprinse în cadrul soluţiei iniţiale – fără a contraveni însă restricţiilor principale; satisfacerea necesităţilor, consumarea disponibilităţilor de combustibil etc.).

Dacă prin parcurgerea tuturor indicilor *k* se realizează

$$\hat{Z} \leqslant Z_k \quad [\text{mil. lei/an}], \tag{7}$$

soluţia iniţială este în mod cert cea optimă. Calculele se opresc aici şi se extrage soluţia optimă corespunzătoare lui *Z*.

Partea descrisă la § *2.1. c. 2* este cuprinsă în figura 1 între conectorul β şi STOP.

2.2. Secţiunile secundare

a. Dacă condiţia (6) nu este satisfăcută, nu înseamnă că a fost încă infirmată soluţia iniţială cu funcţia de eficienţă *Z*.

Apelînd la rutina *R*, se calculează $(P_r)_k$, puterea de rezervă necesară variantei *k*, se formează $\overline{Z}$ (v. pct. *c. 1*, relaţia 5).

Sînt două posibilităţi :

a.1. Dacă $\overline{Z} \leqslant Z_k$ [mil. lei/an], (7)

prin conectorul δ al schemei logice se face legătura cu blocul „s-au parcurs toţi indicii *k* ?" din secţiunea principală.

Dacă prin parcurgerea tuturor indicilor *k* se realizează condiţia (5), soluţia iniţială este cea optimă. Calculele se opresc aici şi se extrage soluţia optimă corespunzătoare lui *Z*.

a.2. Dacă

$$Z_k < \overline{Z} \quad [\text{mil. lei/an}], \tag{7'}$$

soluţia iniţială este eliminată din competiţia economică.

Trebuie obţinută o nouă valoare optimă a funcţiei de eficienţă derivată din Z_k.

Pentru aceasta se va înlocui valoarea iniţială P_r^* prin $(P_r)_k$, făcîndu-se legătura prin conectorul ε al schemei logice cu secţiunea principală. Calculul va fi repetat în secţiunea principală (cu eventual un nou apel la secţiunile secundare) cu epuizarea tuturor indicilor *k*, obţinînd soluţia optimă.

3. Aplicaţii ale algoritmului propus asupra problemei REDEX

Considerăm utilă prezentarea unor aplicaţii ale algoritmului propus. Pentru o uşoară urmărire a calculelor, ne referim la o problemă relativ simplă, prezentată anterior, *REDEX* (*RED*dus *EX*periment) [2].

Aplicaţia REDEX (cu 40 variabile şi 50 restricţii) a fost rezolvată cu ajutorul codului PROLIS [3] la calculatorul ELLIOTT-4120. Fără a reveni asupra prezentării detaliate a problemei şi a datelor iniţiale, considerăm necesar a menţiona cîteva aspecte în legătură cu analiza ce urmează a fi efectuată.

Cunoscutele problemei sînt : consumul maxim anual de putere la nivelul anului examinat, puterea minimă de noapte, consumul anual de energie electrică şi defalcarea acestuia pe palierele curbei de sarcină, cantitatea de cărbune care trebuie consumată obligatoriu şi nivelul disponibilului total de combustibil clasic care nu trebuie depăşit. De asemenea, drept cunoscute mai intervin, pe lîngă centralele electrice existente (numerotate de la 1 la 3), şi categoriile de centrale noi posibil a fi realizate, cu datele tehnice şi economice corespunzătoare.

Pentru identificarea grupelor de centrale noi, folosim aceeaşi notaţie ca în prezentarea generală a problemei :

Numerotarea grupelor de centrale noi	Tipul centralei	Puterea instalată totală a grupei de centrale, MW
4	Centrale hidroelectrice de vîrf	1000
5	Centrale cu turbine cu gaze	1000
6	Centrale de condensaţie pe păcură cu grupuri de 200 MW	4200
7	Centrale de condensaţie pe păcură cu grupuri de 300 MW	4200
8	Centrale de condensaţie pe cărbune cu grupuri de 200 MW	4200
9	Centrale de condensaţie pe cărbune cu grupuri de 300 MW	4200

Trebuie făcută de asemenea precizarea că datele tehnice şi economice sînt cele referitoare la ipoteza I, pivot [2].

Soluţionarea, prin modelul liniar prezentat [1], are ca scop stabilirea deciziilor referitoare la centralele noi, în sensul precizării cotelor de putere care trebuie instalate din grupele de centrale posibile, folosind ca funcţie de eficienţă cheltuielile anuale de calcul, în condiţiile obţinerii optimului de ansamblu; atît pentru necunoscutele strategice, care se referă la grupele de centrale 4...9, cît şi pentru cele tactice, referitoare la toate centralele 1...9.

Desfăşurarea calculelor în vederea aplicării algoritmului propus este descrisă în cele ce urmează, pentru două cazuri caracteristice.

3.1. Cazul A

3.1.1. Se formulează modelul ca problemă de programare liniară ţinînd seamă de tipurile de restricţii şi funcţia de eficienţă adoptată [1], forma generală pentru codul PROLIS fiind

$$\begin{aligned} Z &= [c]_t\,[x] = \text{Maxim} \\ [a]\cdot[x] &\leqslant [b] \end{aligned} \tag{8}$$

Coeficienții necunoscutelor și termenii din matricea coloană $[b]$ sînt precizați numeric, cu excepția valorii lui P_r (puterea de rezervă necesară la vîrf, corespunzătoare structurii optime rezultate).

Este necesar a se introduce în calcule o anumită valoare pentru P_r, fie aceasta P_r^*, în condițiile relației (3).

Va trebui deci să calculăm cele două valori extreme :

Pentru calculul lui $(P_r)_{min}$ ne vom adresa variantei care cuprinde centralele existente (1...3) iar din cele noi, centralele *4* integral și parțial din centralele *6* și *8* cu grupuri de putere unitară 200 MW. (Apelul și la centrala *5* ar conduce practic la același nivel al puterii de rezervă, dat fiind că completarea puterii instalate pînă la nivelul necesar total solicită centralele *6* și *8*.)

Pentru calculul lui $(P_r)_{max}$ ne vom adresa variantei care de asemenea cuprinde centralele existente (1...3), iar din centralele noi valori parțiale din centralele *7* și *9*.

Pentru stabilirea cotelor de putere din centralele *6*, *7*, *8* și *9* este suficient a stabili puterile pentru centralele *6* sau *7*, ținînd seamă de restricția de tip IV, obligativitatea consumării unor anumite disponibilități de forme de energie primară.

Presupunem calculele pentru puterile de rezervă necesare $(P_r)_{min}$ și $(P_r)_{max}$ efectuate, ținînd seamă de elementele din funcția (2) și rezultatele obținute :

$$(P_r)_{min} = 610 \text{ MW},$$
$$(P_r)_{max} = 750 \text{ MW}.$$

Admitem arbitrar $P_r^* = 700$ MW, ceea ce îndeplinește relația (3), și introducem această valoare în restricția de tip I, formulăm modelul sub forma impusă de codul PROLIS și obținem soluția optimă referitoare la centrale noi care trebuie realizate *. Această soluție, corespunzătoare ipotezei I (pivot), este prezentată în tabela 1.

Din tabela 1 se constată :

— dintre grupele de centrale noi posibile sînt alese : centralele hidroelectrice de vîrf *4* (integral) și parțial centralele termoelectrice de condensație cu grupuri de 300 MW pe păcură și cărbune *7* și *9*;

— nu sînt incluse în soluția optimă agregatele centralelor *5*, *6* și *8*, de putere unitară mai mică decît cele cuprinse în soluția optimă ; o soluție în care ar intra centralele *6* și *8* ar conduce la o putere de rezervă necesară la vîrf mai redusă decît cea pentru soluția rezultată.

Rămîne acum de verificat dacă puterea de rezervă admisă inițial P_r^* este egală cu P_r, valoare corespunzătoare structurii optime rezultate. Pentru aceasta, se efectuează calculul puterii de rezervă necesare la vîrf, după o metodă acceptată ținînd seamă de centralele *1*, *2* și *3* și centralele noi *4*, *7* și *9*.

Tabela 1

Valorile necunoscutelor strategice și funcției de eficiență în ipoteza I (PIVOT)

Numerotarea grupelor de centrale noi	Tipul centralei	Necunoscutele strategice ξ_m	Puterea instalată $\xi_m P_m$ MW
4	CHE de vîrf	1,0000	$1{,}0000 \cdot 1000 = 1000$
7	CTE pe păcură cu grupuri de 300 MW	0,5358	$0{,}5358 \cdot 4200 \cong 2250$
9	CTE pe cărbune cu grupuri de 300 MW	0,2265	$0{,}2265 \cdot 4200 \cong 950$

Valoarea funcției de eficiență [mil. lei/an] ... $Z = 5551{,}27$

Dacă puterea de rezervă necesară $(P_r)_n$ este diferită de P_r^*, se va admite o altă valoare pentru P_r^*, diferită de cea inițială (700 MW), ceea ce va modifica structura centralelor noi, pînă cînd prin calcule iterative se va obține egalitatea (4). Presupunem calculul puterii de rezevă necesare la vîrf efectuat și rezultatul $(P_r)_n = 700$ MW.

Condiția

$$P_r^* = (P_r)_n = P_r = 700 \text{ MW}$$

este astfel îndeplinită, menținîndu-se valoarea funcției de eficiență $Z_{\text{I}} = 5551{,}27$ mil·lei/an.

3.1.2. Se poate trece astfel la calculul lui $\hat{Z}_{\text{I}}$ dat de relația (6) :

$$\hat{Z}_{\text{I}} = 5551{,}27 + (0{,}1 + 0{,}076)\,[700 - 610] \cdot$$
$$\cdot 2500 \cdot 10^{-3} = 5590{,}87 \text{ mil. lei/an} \qquad (9)$$

Coeficientul normat al eficienței relative a fost considerat $p = 0{,}10$ an^{-1}.

Valorile indicilor de echivalare

$$i_e = 2500 \text{ mil. lei/GW}$$
$$\nu = 7{,}6\%$$

sînt cele corespunzătoare centralei pe păcură *7* [2], aceasta conducînd la costurile totale (ținînd seamă de investiții și cheltuieli fixe) cele mai mici, pentru instalarea de putere.

Valoarea lui $\hat{Z}_{\text{I}}$ trebuie să fie cea mai mică (criteriul de eficiență fiind cheltuielile anuale minime) din toate celelalte valori posibile ale lui Z.

Celelalte valori ale lui Z vor fi obținute prin neoferirea la alegere (eliminarea din lista centralelor posibile) a centralelor echipate cu agregatele de puterea cea mai mare (în aplicația REDEX, 300 MW) și stabilirea în aceste cazuri a soluțiilor optime corespunzătoare.

Vor rezulta structurile corespunzătoare ipotezelor (notate aici pentru valorile funcțiilor de eficiență):

$Z_{-7,-9}$ — pentru soluția rezultată în situația în care nu apar în lista centralelor posibile centralele *7* și *9*;

---

*) Aici și în cele ce urmează se evidențiază numai valoarea necunoscutelor strategice ; acestea interesează în primul rînd pentru problema studiată. Valorile puterilor centralelor noi sînt prezentate așa cum rezultă din rezolvarea modelului, și nu considerate ca multiple de puterea unitară din grupa respectivă de centrale.

Z_{-7} — pentru soluția rezultată în situația în care nu apare în lista centralelor posibile centrala *7*;

Z_{-9} — pentru soluția rezultată în situația în care nu apare în lista centralelor posibile centrala *9*.

Se precizează că soluțiile optime rezultate pentru situațiile menționate sînt calculate admițînd aceeași valoare pentru $P_r^* = P_r$ ca în ipoteza I.

Eliminarea (ștergerea) din lista centralelor posibile a centralelor poate fi realizată ușor. O primă cale ar consta în eliminarea din matricele $[c]_t$ și $[a]$ (v. relațiile 8) a coloanelor care reprezintă coeficienții necunoscutelor strategice și tactice ce se referă la cetralele a căror luare în considerare ca posibile nu este dorită. Există însă o cale și mai simplă, fără manipularea unui număr mare de date; aceasta constă în a lăsa neschimbată matricea coeficienților $[a]$ și a înlocui numai în matricea coloană transpusă $[c]_t$ coeficienții necunoscutelor strategice ai centralelor pe care le dorim eliminate din lista posibilităților, prin niște valori foarte mari (de exemplu, în raportul coeficienților existenți la cei noi introduși — 1/10.000, valoarea negativă fiind necesară în cazul optimului după maxim). Coeficienții foarte mari introduși au sensul unor costuri prohibitive, care conduc la eliminarea, de această dată din soluția optimă, a centralelor dorite.

Soluțiile optime obținute în ipotezele (—7, —9), (—7) și (—9) sînt prezentate în tabela 2.

Rămîne acum de verificat relația (6). Se constată că:

$$\hat{Z}_{\mathrm{I}} < Z_{-7,\,-9}\,;\ \hat{Z}_{\mathrm{I}} < Z_{-7}\,;\ \hat{Z}_{\mathrm{I}} < Z_{-9}.$$

Se poate conchide că soluția rezultată pentru ipoteza I este efectiv cea optimă, păstrîndu-și sensul inițial de economicitate absolută.

Tabela 2

Valorile necunoscutelor strategice și a funcțiilor de eficiență în ipotezele (—7, —9), (—7) și (—9)

Numerotarea grupelor de centrale noi	Tipul centralei	Ipoteza					
		(—7, —9)		(—7)		(—9)	
		ξ_m	$\xi_m P_m$ [MW]	ξ_m	$\xi_m P_m$ [MW]	ξ_m	$\xi_m P_m$ [MW]
4	CHE de vîrf	1,0000	1000	1,0000	1000	1,0000	1000
6	CTE pe păcură cu grupuri de 200 MW	0,5486	2300	0,5386	2260	—	—
7	CTE pe păcură cu grupuri de 300 MW	—	—	—	—	0,5457	2295
8	CTE pe cărbune cu grupuri de 200 MW	0,2176	910	—	—	0,2176	910
9	CTE pe cărbune cu grupuri de 300 MW	—	—	0,2265	590	—	—
	Valoarea funcției de eficiență [mil · lei/an]	$Z_{-7,\,-9} = 5850,45$		$Z_{-7} = 5756,22$		$Z_{-9} = 5641,28$	

Aplicarea algoritmului se oprește, în cazul *A*, la secțiunea principală.

3.2. Cazul B

Prezentarea cazului *B* are ca scop evidențierea modului desfășurării calculelor în situațiile în care aplicarea algoritmului nu se oprește la secțiunea principală.

3.2.1. În secțiunea principală repetăm, în aceeași ordine, operațiile efectuate pentru cazul *A*. Presupunem însă că din calculul valorilor extreme ale puterii de rezervă necesare la vîrf ar fi rezultat:

$(P_r)_{min} = 400$ MW (față de 610 MW în cazul *A*)

$(P_r)_{max} = 750$ MW (aceeași valoare ca în cazul *A*)

Admitem, ca și în cazul *A*, $P_r^* = 700$ MW și că $P_r^* = (P_r)_n = P_r$, pentru care rezultă ca optimă soluția I cu valoarea funcției de eficiență $Z_{\mathrm{I}} = 5551,27$ mil. lei/an și necunoscutele strategice prezentate în tabela 1.

Funcția de eficiență $\hat{Z}_{\mathrm{I}}$ dată de relația (6) va fi în acest caz:

$$\hat{Z}_{\mathrm{I}} = 5551,27 + (0,1 + 0,076)\,(700 - 400) \cdot 2500 \cdot 10^{-3} = 5681,27 \text{ mil. lei/an} \qquad (10)$$

Se stabilesc, ca și în cazul *A*, soluțiile cu funcțiile de eficiență:

$$Z_{-7,\,-9} = 5850,45 \text{ mil. lei/an}$$
$$Z_{-7} = 5756,22 \text{ mil. lei/an}$$
$$Z_{-9} = 5641,28 \text{ mil. lei/an}$$

care se compară cu $\hat{Z}_{\mathrm{I}}$.

Se constată că:

$$\hat{Z}_{\mathrm{I}} < Z_{-7,\,-9}\,; \quad (11) \qquad \hat{Z}_{\mathrm{I}} < Z_{-7}, \quad (12)$$

dar

$$\hat{Z}_{\mathrm{I}} > Z_{-9}. \qquad (13)$$

Rezultă că soluțiile corespunzătoare lui $Z_{-7,\,-9}$ și Z_{-7} pot fi eliminate din competiția cu $\hat{Z}_{\mathrm{I}}$.

Asupra economicității soluției cu Z_{-9} nu putem trage deocamdată nici o concluzie.

3.2.2. În acest caz se trece la secțiunile secundare ale algoritmului. Pentru aceasta va fi necesar a calcula valoarea lui $(P_r)_k$, puterea de rezervă necesară la vîrf corespunzătoare soluției, pentru care $\hat{Z} > Z_k$.

Presupunem două situații:

Situația 1 : $(P_r)_{-9} = 660$ MW;

Situația 2 : $(P_r)_{-9} = 450$ MW

Evident, valoarea lui $P_{r,k}$ este unică; evidențierea celor două situații are ca scop numai urmărirea modului de aplicare a algoritmului.

3.2.2.1. În situația 1 se formează $\overline{Z}_{\mathrm{I}}^{(1)}$, conform relației (5):

$$\overline{Z}_{\mathrm{I}}^{(1)} = 5551,27 + (0,1 + 0,076)\,(700 - 660) \cdot 2500 \cdot 10^{-3} = 5568,87 \text{ mil. lei/an.} \qquad (14)$$

Se verifică relația (7) și se constată :

$$\overline{Z}_{\mathrm{I}}^{(1)} < Z_{-9}. \quad (15)$$

Soluția 1 este deci cea optimă.

3.2.2.2. În situația 2, $\overline{Z}_{\mathrm{I}}^{(2)}$ va fi :

$$\overline{Z}_{\mathrm{I}}^{(2)} = 5551{,}27 + (0{,}1 + 0{,}076)\,(700 - 450) \cdot 2500.10^{-3} = 5661{,}27 \text{ mil. lei/an.} \quad (16)$$

Tabela 3

Valorile necunoscutelor strategice și a funcțiilor de eficiență în ipotezele $(-9)'$ și $(-7,-9)'$, $(-7)'$

Numerotarea grupelor de centrale noi	Tipul centralei	Ipoteza					
		$(-9)'$		$(-7, -9)'$		$(-7)'$	
		ξ'_m	$\xi'_m P_m$ [MW]	ξ'_m	$\xi'_m P_m$ [MW]	ξ'_m	$\xi'_m P_m$ [MW]
4	CHE de vîrf	1,0000	1000	1,0000	1000	1,0000	1000
6	CTE pe păcură cu grupuri de 200 MW	—	—	0,4857	2040	0,4756	2000
7	CTE pe păcură cu grupuri de 300 MW	0,4831	2030	—	—	—	—
8	CTE pe cărbune cu grupuri de 200 MW	0,2176	910	0,2176	910	—	—
9	CTE pe cărbune cu grupuri de 300 MW	—	—	—	—	0,2265	950
	Valoarea funcției de eficiență [mil. lei/an]	$Z_{(-9)}' = 5524{,}78$		$Z_{(-7,\,-9)}' = 5725{,}54$		$Z_{(-7)}' = 5631{,}22$	

De această dată rezultă :

$$Z_{\mathrm{I}}^{(2)} > Z_{(-9)}, \quad (17)$$

ceea ce înseamnă că soluția optimă va fi cea corespunzătoare unei alte funcții de eficiență $Z_{(-9)}$, calculată pentru $(P_r)_{-9}$.

Se reamintește că stabilirea lui Z_{-9} a fost făcută pentru valoarea admisă inițial pentru puterea de rezervă la vîrf $P_r^* = P_r$, și nu pentru cea proprie soluției respective $(P_r)_{-9}$.

În consecință, calculele vor fi reluate prin introducerea în restricția de tip I a valorii lui $(P_r)_{-9}$.

Soluția obținută prin rezolvarea modelului de programare liniară în noua situație $(-9)'$ este dată în tabela 3. Tot în această tabelă sînt prezentate soluțiile rezultate (caracterizate prin valorile necunoscutelor strategice și funcțiile de eficiență) în ipotezele $(-7, -9)'$ și $(-7)'$ rezultate pentru puterea de rezervă la vîrf $(P_r)_{-9} = 450$ MW, valoare care este necesară pentru ipoteza $(-9)'$.

Soluția optimă este cea corespunzătoare funcției de eficiență :

$Z_{(-9)'} = 5524{,}78$ mil. lei/an. Se observă că $Z_{(-9)'} < Z_{\mathrm{I}}$ (18)
și de această dată se formează (6).

$$\hat{Z}_{(-9)'} = 5524{,}78 + (0{,}1 + 0{,}076)\,[450 - 400] \cdot 2500.10^{-3} = 5546{,}78 \text{ mil. lei/an} \quad (19)$$

și se verifică relația (7). Se constată că :

$$\hat{Z}_{(-9)'} < Z_{(-7,-9)}' \ (20)\,; \quad \hat{Z}_{(-9)'} < Z_{(-7)'}. \ (21)$$

Rezultă că soluția obținută pentru ipoteza $(-9)'$ este efectiv cea optimă.

În cazul aplicației REDEX trebuie să ne limităm la cazurile și situațiile prezentate. Dacă în cadrul acestei probleme aplicarea algoritmului propus s-ar fi desfășurat ca în situația *2* din cazul *B* — adică ar fi fost infirmată soluția inițială cu funcția de eficiență Z_{I} rezultînd ca optimă cea cu $Z_{(-9)}$ — și dacă în lista centralelor posibile ar fi existat și alte agregate de condensație (de exemplu de 100 MW), a căror cuprindere în structură ar conduce la o valoare mai mică a puterii de rezervă la vîrf, ar fi fost necesar să se continue examinarea, verificînd în continuare sensul de economicitate al soluției cu funcția de eficiență $Z_{(-9)}'$.

Concluzii

a) Algoritmul propus permite utilizarea modelului de programare liniară pentru previziunea dezvoltării centralelor electrice, prin stabilirea unei soluții optime și din punctul de vedere al puterii de rezervă necesare.

b) Metoda de calcul propusă este iterativă și necesită apelul la o metodă de determinare a puterii de rezervă necesare la vîrful de sarcină.

c) Algoritmul de calcul conține două secțiuni : principală și secundară. Studiind influența puterii de rezervă asupra soluției optime și ținînd seamă de cota de putere de rezervă necesară față de puterea totală a sistemului, se poate considera că, în marea majoritate a cazurilor practice, este suficientă parcurgerea numai a secțiunii principale a algoritmului, ceea ce conduce rapid la soluția optimă a problemei.

Bibliografie

[1] Nitu, V. I., Goldenberg, C. și Ionescu S. *Model de programare liniară pentru previziunea dezvoltării centralelor electrice (I).* Energetica 16 (1968) nr. 8, p. 337—342.

[2] Goldenberg, C., Ionescu, S., Staadecker, M. și Vlădescu, A. *Model de programare liniară pentru previziunea dezvoltării centralelor electrice.* (II). *Verificarea modului de punere a problemei prin aplicații numerice.* Energetica 16 (1968), nr. 9, p. 385—394.

[3] Staadecker, M. *Codul de programare liniară, PROLIS.* Buletinul Institutului de studii și proiectări energetice, 11 (1968) nr. 1.

(Articol intrat în redacție la 25 iunie 1968)

Centralizarea conducerii și automatizarea instalațiilor hidrotehnice ale centralelor termoelectrice mari

Conf ing. I. A. Badea, ing. M. Semedrea și ing. L. Tauber *)

Centralele termoelectrice mari necesită, pentru procesul tehnologic, un debit important de apă de răcire, la care se adaugă și necesarul pentru apa de adaos.

Apa de răcire, cu debite de ordinul a 30 — 40 m^3/s pentru centrale cu puteri mari, se asigură în circuit deschis, închis sau mixt.

Din punctul de vedere al exploatării, instalațiile hidrotehnice ale centralelor se caracterizează prin :

— repartizare pe o suprafață mare de teren, începînd de la priza de la baraj pînă la instalațiile de turnuri de răcire și bazinele de aspirație ale turbinelor;

— manevre puține, în regim normal, însă în caz de avarie se impune intervenția rapidă a personalului;

— avarii rare, însă cu repercusiuni directe asupra funcționării centralei, putînd conduce la oprirea completă a acesteia ;

— exploatare care influențează direct consumurile specifice, capacitatea centralei și prețul de cost al energiei electrice produse.

Exploatarea descentralizată a acestor instalații conduce la o utilizare necorespunzătoare a personalului, iar atunci cînd este solicitat nu este în măsură să răspundă în mod satisfăcător.

Pentru aceste motive, la centralele mari din țară, s-a trecut la conducerea centralizată a exploatării instalațiilor hidrotehnice. În acest scop s-au concentrat într-un punct operativ măsurătorile, semnalizările și comenzile.

Această centralizare conduce la următoarele avantaje mai importante :

— creșterea siguranței în funcționare a instalațiilor hidrotehnice și, implicit, a centralei, prin mărirea operativității în intervenții a personalului;

— reducerea personalului de exploatare și utilizarea mai rațională a acestuia ;

— creșterea eficacității economice a centralelor, printr-o exploatare rațională a ansamblului instalațiilor hidrotehnice.

Centralizarea comenzilor operative poate fi făcută în una din camerele de comandă tehnologice ale centralei, sau într-o cameră separată hidrotehnică.

Alegerea între aceste două soluții este determinată de condițiile specifice ale fiecărei centrale, ca : distanțe, dispersarea instalațiilor hidrotehnice, spațiile disponibile în camerele de comandă tehnologice etc.

Soluția cu cameră de comandă hidrotehnică (CCH), amplasată în centrul de greutate al instalațiilor hidrotehnice, conduce la reducerea legăturilor în cabluri și asigură accesul rapid al operatorilor din camera de comandă la echipamentele hidrotehnice, dacă este cazul; în schimb, în unele cazuri, poate necesita personal de exploatare suplimentar.

În cele ce urmează se prezintă soluțiile adoptate pentru centralizarea conducerii la cîteva centrale termoelectrice în funcțiune și se conchide asupra avantajelor acestora.

1. Centralizarea conducerii din camera de comandă hidrotehnică

În această soluție, conducerea operativă a instalațiilor hidrotehnice se realizează prin concentrarea aparaturii de informare și comandă într-un punct centralizat, organizat sub forma unei camere de comandă, denumită cameră de comandă hidrotehnică.

Funcțiile realizate din camera de comandă sînt următoarele :

a) Supravegherea funcționării întregului circuit hidrotehnic aflat pe teritoriul centralei, începînd de la priză pînă la bazinele de aspirație ale pompelor de apă de răcire ale condensatoarelor turbinelor.

b) Comanda instalațiilor principale din circuitul hidrotehnic, ca: pompe, ventilatoarele turnurilor de răcire, site rotative, diverse pompe, vane etc., care se acționează în exploatarea curentă. Rămîn să fie acționate local, fie manual, fie cu acționare electrică, unele mecanisme (stavile la baraj și la priză) care sînt manevrate foarte rar (sezonier).

c) Înregistrarea datelor statistice ale regimului hidrotehnic, ca : nivele și temperaturi la rîu, debite și temperaturi ale apei de răcire etc. În această cameră se aduc, în acest scop, aparatele secundare de măsură, releele de protecție și comandă, elementele de comandă și aparatura de semnalizare. Această soluție a fost aplicată la două centrale (Luduș și Craiova).

Pentru ilustrare se prezintă instalația de conducere operativă a circuitului hidrotehnic de la CTE Luduș (pentru etapa finală, 800 MW).

Instalația hidrotehnică, care poate lucra în circuit deschis, mixt sau închis, asigură debitul de 27,7 m^3/s, necesar funcționării centralei la puterea nominală.

Instalația constă dintr-un baraj cu patru stavile, opt site rotative cu anexele lor, opt pompe de apă rece, șapte pompe de apă caldă, trei

---

*) I. A. Badea este inginer specialist la Institutul de studii proiectări energetice; M. Semedrea este inginer proiectant șef la același institut; L. Tauber este inginer proiectant șef la ISPE.

turnuri de răcire cu tiraj forțat, compuse fiecare din 11 celule de 1100 m^3/h, și patru turnuri de răcire cu tiraj natural de cîte 10 000 m^3/h. Este prevăzută, de asemenea, instalarea a două hidrogeneratoare de cîte 700 kW, pentru recuperarea energiei conținute în apa care se evacuează la rîu (fig. 1). Pe aceeași figură sînt indicate măsurătorile care trebuie făcute.

Pe panourile *1—4* sînt amplasate aparatele de măsură și semnalizare din circuitul hidrotehnic; pe panourile *6—10* este instalată schema tehnologică; pe panoul *12* aparatajul celor două hidrogeneratoare, iar pe panourile *13—15* aparatajul electric aferent acestei instalații hidrotehnice. Panourile *5* și *11* au fost prevăzute ca rezervă.

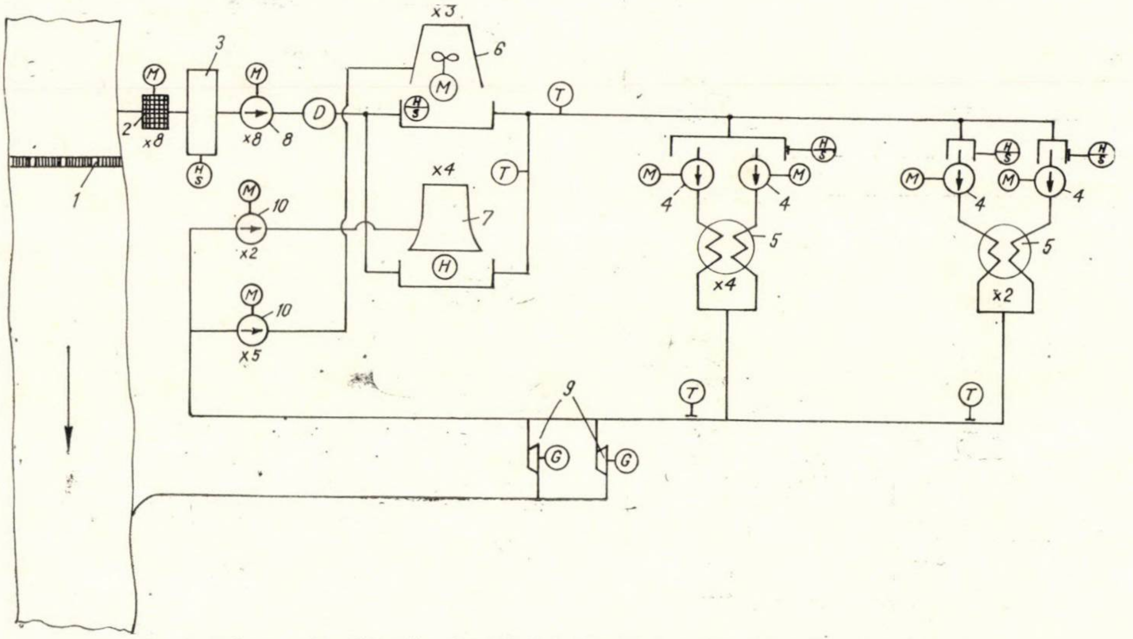


Fig. 1. Schema simplificată a instalației tehnologice de răcire în circuit mixt:
1 — stavilă; *2* — sită rotativă; *3* — bazin de aspirație pompe; *4* — pompe de apă de răcire; *5* — condensator turbină; *6* — turn de răcire cu tiraj forțat; *7* — turn de răcire cu tiraj natural; *8* — pompă de circulație; *9* — turbină hidraulică de recuperare a căderii de presiune; *10* — pompă de apă caldă.

În CCH se prevede:

a) comanda pompelor de apă rece, a pompelor de apă caldă, a ventilatoarelor de la turnuri, a vanelor și stavilelor aferente, a sitelor rotative, a pompelor de epuismente etc.;

b) semnalizarea de poziție pentru toate mecanismele comandate și semnalizarea de avarie la declanșarea intempestivă a agregatelor de mai sus;

c) măsurarea parametrilor principali ai instalației, ca: debite, nivele, temperatură și presiuni, necesari exploatării în condiții optime a instalațiilor hidrotehnice; exploatarea acestei instalații are influență asupra randamentului centralei;

d) supravegherea și comanda celor două grupuri hidroelectrice, de cîte 700 kW, de recuperare a presiunii apei la evacuarea la rîu.

Mecanismele care se manevrează foarte rar, de două-trei ori pe an, și care nu condiționează siguranța circuitului hidrotehnic și manevrele celorlalte instalații principale, sînt comandate local.

În figura 2 se prezintă vederea în plan a camerei de comandă hidrotehnice, organizată dintr-un contur operativ, pupitrul de comandă și contrapanouri.

Pe pupitrul central este amplasată aparatura de comandă operativă și telefonul. Pe contrapanourile *16—29* sînt montate releele și aparatura neoperativă. Sub camera de comandă este un subsol prin care sînt pozate cablurile.

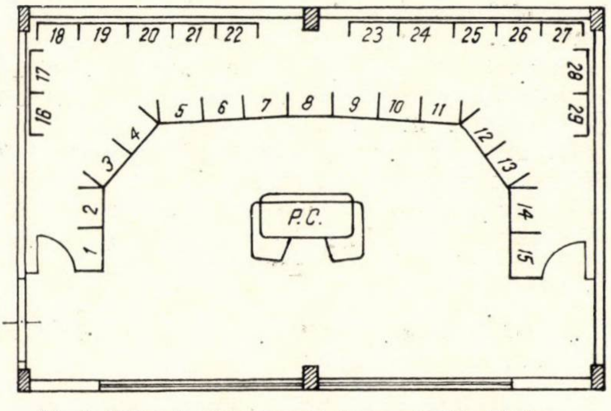


Fig. 2. Vedere în plan a camerei de comandă hidrotehnice.

În scopul reducerii lungimii conturului operativ, s-a adoptat comanda la alegere a pompelor de apă caldă și rece și a ventilatoarelor turnurilor de răcire cu circulație forțată.

În figura 3 se dă o schemă desfăşurată a principalelor elemente care intervin la comanda la alegere. Cu ajutorul unei fise se alege pompa care trebuie comandată, închizînd unul din contactele $F_1 \ldots F_n$ şi punînd sub tensiune releul corespunzător de alegere $RA_1 \ldots RA_n$.

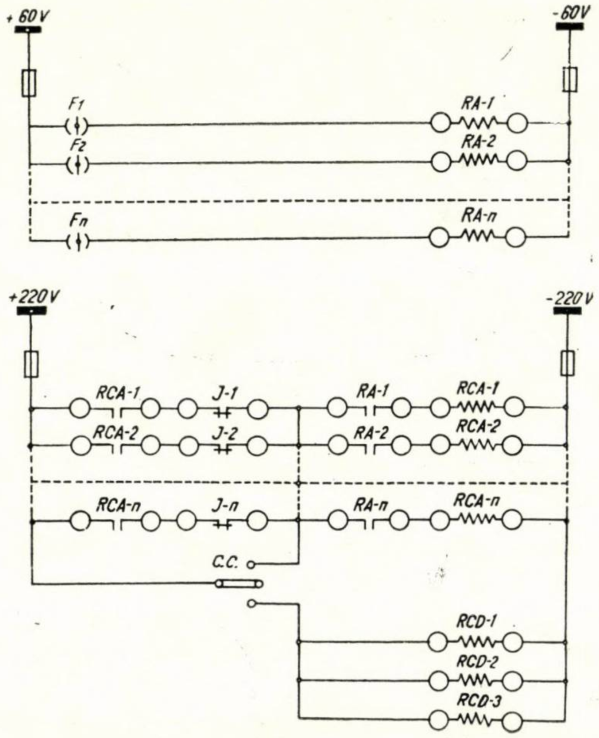


Fig. 3.

Schema desfăşurată a comenzii la alegere de pornire şi oprire pompe.

Comanda se dă din cheia de comandă cu autorevenire *CC*. La darea comenzii de pornire a motorului *n*, contactul releului RA_n fiind închis, se excită bobina de anclanşare a întrerupătorului motorului RCA_n, se autoreţine prin contactul normal deschis al acestuia, se porneşte motorul şi se deschide contactul I al întrerupătorului, tăind impulsul de anclanşare existent în schemă.

În mod similar se realizează cu cheia *CC* declanşarea motorului ales.

Realizarea acestei instalaţii a necesitat peste 200 relee şi cabluri de comandă şi control într-o lungime de aproximativ 10 km.

2. Centralizarea conducerii din camera de comandă a blocurilor

În acest caz, comanda şi supravegherea instalaţiilor hidrotehnice se face din camerele de comandă tehnologică ale blocurilor şi din camera de comandă a dispecerului centralei.

În camera de comandă a blocurilor se centralizează comanda şi supravegherea instalaţiilor hidrotehnice aferente blocurilor respective, şi anume: comanda şi supravegherea funcţionării pompelor pentru apa de răcire, inclusiv a circuitelor de ungere şi răcire a acestor pompe. Pompele pentru apa de răcire funcţionează bloc cu condensatorul respectiv.

În camera de comandă a dispecerului centralei se efectuează:

a) supravegherea şi comanda funcţionării sitelor rotative cu toate instalaţiile aferente, ca: vane pe aducţiunea apei de spălare, perii pentru curăţirea sitelor şi pompele pentru apa de spălare;

b) supravegherea parametrilor principali ai instalaţiei hidrotehnice, ca: nivelul apei la absorbţia pompelor pentru apa de răcire, temperatura apei de răcire, nivelul în bazinele de drenaj.

În scopul reducerii încărcării personalului de exploatare din camera de comandă tehnologică şi din camera de comandă a dispecerului şi pentru micşorarea numărului de cabluri, s-au adus la aceste puncte centrale numai măsurătorile şi semnalizările care dau indicaţiile necesare pentru intervenţia operativă a personalului respectiv. Această soluţie este în curs de aplicare la centrala termoelectrică Deva, care este prevăzută cu un circuit deschis al apei de răcire. Apa de răcire necesară centralei este preluată printr-o amenajare din rîul Mureş. De la barajul realizat cu stavile cu clapetă, priza de apă conduce, printr-o baterie de grătare dese, la casa sitelor şi staţia de pompe de apă de răcire. În această staţie sînt amplasate sitele fine rotative şi pompele pentru apa de răcire. Aceste pompe aspiră dintr-un bazin comun şi refulează în condensatoarele turbinelor. Este prevăzută cîte o pompă pentru fiecare jumătate de condensator.

Din condensator apa este evacuată prin intermediul unor canale în rîul Mureş, în aval de baraj.

În figura 4 se prezintă o schemă simplificată a instalaţiei tehnologice, cu măsurătorile care sînt prevăzute.

Pe linia micşorării încărcării panourilor din camerele de comandă şi a reducerii numărului de cabluri aferente, s-a aplicat soluţia unor comenzi automate secvenţiale, atît la pompele pentru apa de răcire, împreună cu utilajele auxiliare, cît şi la sitele rotative cu utilajele subordonate.

Pornirea pompelor pentru apa de răcire impune asigurarea în prealabil a circuitului de răcire a lagărelor, care se realizează prin punerea în funcţiune a pompei corespunzătoare.

Pornirea se realizează în următoarele secvenţe (fig. 5): prin deschiderea ventilului electromagnetic V_1 se face umplerea pe aspiraţia pompei de răcire lagăre cu apă din conducta de apă potabilă; cu o temporizare necesară umplerii, se conectează motorul pompei şi, cu o altă temporizare, necesară atingerii presiunii de regim, se deschide ventilul *V*, trimiţîndu-se apă la lagărele pompei principale.

În același timp cu deschiderea lui V se închide ventilul V_1, și pompa respectivă absoarbe apă din bazinul de apă de răcire pentru lagăre.

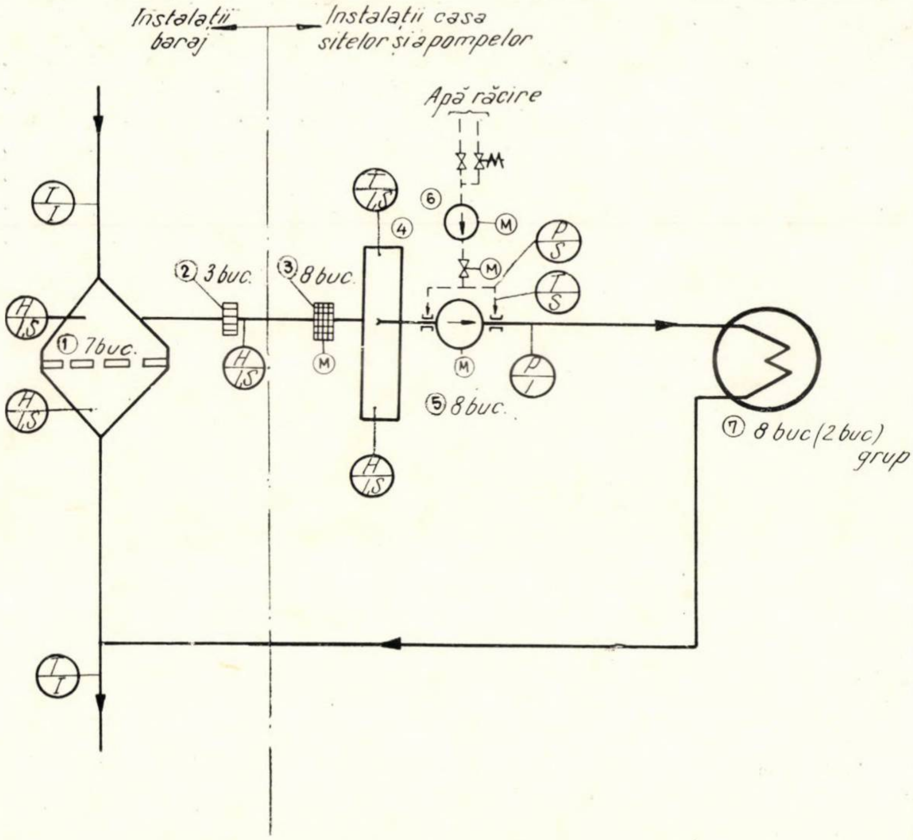


Fig. 4.

Schema simplificată a instalației tehnologice de răcire în circuit deschis:
1 – stavilă; *2* – grătar; *3* – sită rotativă; *4* – bazin; *5* – pompe circulație; *6* – pompe de apă răcire; *7* – condensator turbină.

La îndeplinirea condițiilor de:

– asigurare a presiunii apei la lagărele pompei principale,

– asigurare a temperaturii uleiului de minimum 15°C,

se poate porni pompa principală.

În figura 6 se dă schema desfășurată simplificată a circuitelor comenzii secvențiale pentru pornirea unei pompe de apă răcire lagăre. Prin apăsare pe butonul BP, aflat pe pupitrul din camera de comandă a blocului, se excită releul 1 RI, care rămîne sub tensiune pînă la deschiderea ventilului V. O dată cu excitarea lui 1 RI se pune sub tensiune bobina ventilului V_1, care se deschide, și se excită și releul temporizat 1 RT. Cu temporizarea necesară, la închiderea contactului 1 RT, se dă impuls de pornire motorului M-1 al pompei de răcire lagăre. La anclanșarea întrerupătorului acestui motor (AM-1) se dezexcită 1 RT și se excită releul temporizat 2 R. Cu temporizarea necesară, la închiderea contactului 2 R, se dă impuls pentru deschiderea ventilului V. O dată cu deschiderea acestuia se dezexcită 1 RI și 2 R, elementele schemei fiind astfel scoase de sub tensiune.

În momentul în care s-au realizat condițiile tehnologice, și anume: presiunea apei de răcire și temperatura uleiului, verificate prin circuitul de blocaj compus din contactele manometrului P și termometrului T, se trece la pornirea pompei principale prin apăsarea pe butonul corespunzător de pe pupitrul camerei de comandă a blocului. Această separare a secvenței s-a adoptat pentru o verificare în timp a schemei. Se prevede ca în viitor secvența pornirii pompei principale să se facă automat la îndeplinirea condițiilor tehnologice de blocaj.

Un grad înalt de automatizare este prevăzut și pentru spălarea sitelor rotative, ceea ce permite exploatare fără personal permanent de supraveghere.

În figura 7 este reprezentată o schemă tehnologică simplificată a circuitului de spălare a sitelor. În perioada de funcționare, sitele nu se rotesc. Instalațiile aferente spălării, respectiv pompele pentru spălare și periile pentru curățire, sînt oprite.

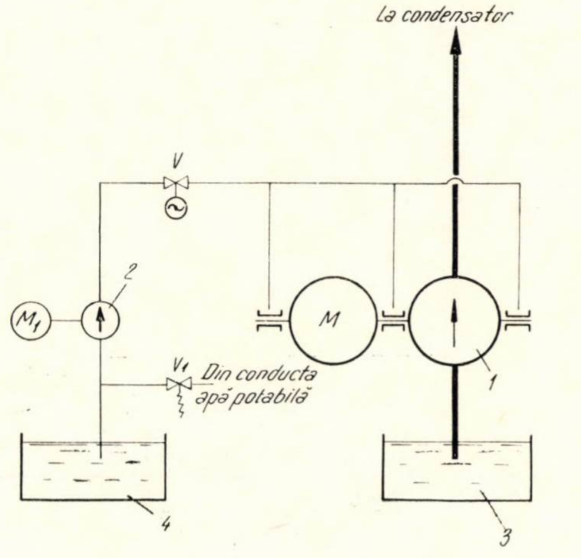


Fig. 5.

Schema simplificată a circuitului de răcire a pompei de circulație:
1 – pompă de circulație; *2* – pompă de apă de răcire; *3* – aspirația pompelor de circulație; *4* – bazin apă răcire lagăre.

Vana V, cu acţionare electrică pentru aducţiunea apei de spălare la sită, este închisă.

Operaţia de spălare se realizează complet automat, pe baza unui program de timp prestabilit. La comanda dată de releul de programare, porneşte pompa de spălare (M_1) şi se

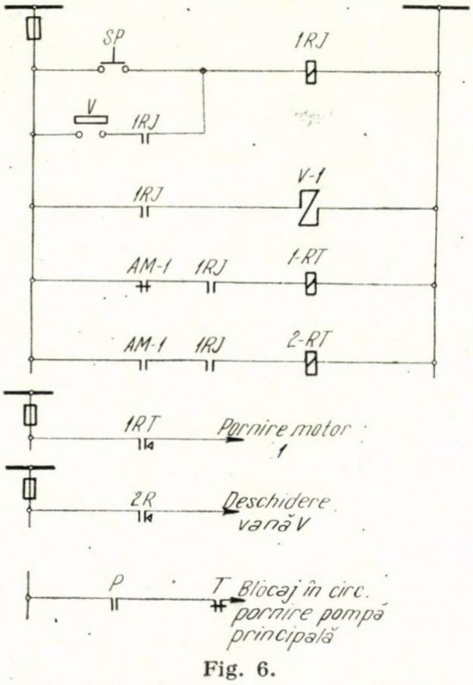

SP
1RJ
V
1RJ
1RJ
V-1
AM-1
1RJ
1-RT
AM-1
1RJ
2-RT
1RT
Pornire motor 1
2R
Deschidere vană V
P
T
Blocaj în circ. pornire pompă principală

Fig. 6.

Schema desfăşurată simplificată pentru circuitele de comandă secvenţială a pompei de apă răcire lagăre.

deschide vana V la prima sită. Simultan cu aceasta pornesc motoarele de acţionare a sitei (M_2) şi a periei de curăţire (M_3). Prin aceste operaţii se realizează procesul de spălare a sitei. După un timp stabilit anterior, ca să se

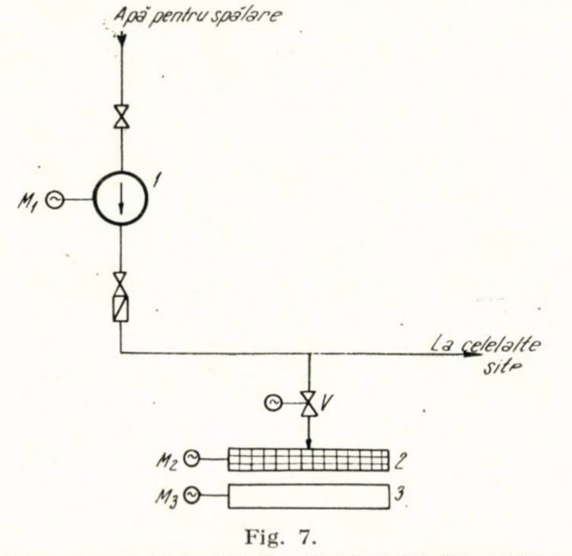

Apă pentru spălare
M1
1
La celelalte site
V
M2
2
M3
3

Fig. 7.

Schema tehnologică simplificată a circuitului de spălare a sitelor.

poată face curăţirea sitei, un nou semnal, emis de releul de programare, comandă oprirea motoarelor M_2 şi M_3 şi închiderea vanei V.

Acelaşi semnal comandă intrarea în ciclul de spălare a sitei *2*.

La terminarea ciclului de spălare a tuturor sitelor, secvenţa se termină prin oprirea pompei de spălare.

Întregul ciclu se reia în mod automat la un interval de timp prestabilit, în funcţie de condiţiile concrete de funcţionare a instalaţiei, determinate de gradul de murdărire a apei.

În figura 8 este reprezentată schema desfăşurată simplificată a circuitelor pentru realizarea secvenţei automate descrise mai sus.

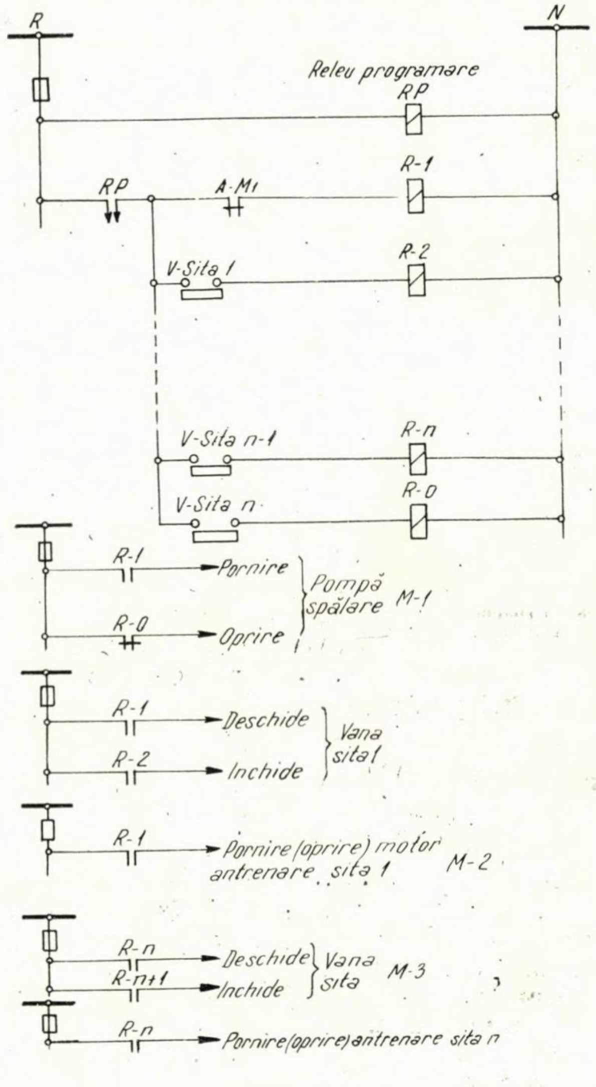

R
N
Releu programare RP
RP
A-M1
R-1
V-Sita 1
R-2
V-Sita n-1
R-n
V-Sita n
R-0
R-1
Pornire
R-0
Oprire
Pompă spălare M-1
R-1
Deschide
R-2
Închide
Vana sita 1
R-1
Pornire (oprire) motor antrenare sita 1
M-2
R-n
Deschide
R-n+1
Închide
Vana sita
M-3
R-n
Pornire (oprire) antrenare sita n

Fig. 8.

Schema desfăşurată a comenzii automate a spălării sitelor rotative.

Releul de programare RP are două cicluri de funcţionare:

— Ciclul I — închiderea periodică a contactului pasager. În cazul descris, contactul se închide de 8 ori la intervale de 15 minute.

— Ciclul II — repetarea ciclului I la un interval prestabilit. În cazul descris acest interval este de 4 ore.

Se menţionează că ambele intervale sînt reglabile pentru a se putea realiza diverse secvenţe, în funcţie de condiţiile locale.

La pornirea ciclului I, vanele V fiind închise şi pompa de spălare M_1 fiind oprită, contactul $A - M_1$ este închis şi contactele limitatoarelor de cursă ale vanelor sînt deschise. În acest fel, la închiderea contactului pasager RP, se excită numai releul R_1. Contactele acestui releu pun în funcţiune pompa de spălare M_1, deschid vana V la sita *1* şi pornesc motorul de acţionare M_2 al sitei. Printr-un contact al automatului M_2 se pune în funcţiune şi motorul de acţionare a periei M_3. Prin aceste comenzi, după cum se observă în schemă, circuitul lui R_1 se întrerupe şi se pregăteşte circuitul lui R_2 prin închiderea contactului limitatorului de cursă al vanei care s-a deschis. În acest fel, la o nouă închidere a contactului pasager RP, se excită numai releul R_2, care întrerupe ciclul de spălare a sitei *1* şi îl porneşte pe cel al sitei *2*. Procesul se repetă pentru toate sitele. Ultimul releu R_0 întrerupe şi funcţionarea pompei de spălare.

În ceea ce priveşte amplasarea aparatajului, în vederea reducerii lungimii cablurilor şi pentru mărirea siguranţei în funcţionare, întregul aparataj, cu excepţia aparatelor de comandă şi semnalizare, respectiv butoane şi lămpi, s-a concentrat într-un dulap local. Ţinînd seamă de faptul că pentru exploatarea prizei este absolut necesar un om pentru supraveghere şi avînd în vedere caracteristicile utilajului şi volumul relativ mare de manevrare, comanda şi supravegherea instalaţiilor de la baraj nu s-au adus în camera de comandă, realizîndu-se local la casa barajului.

Concluzii

Repartizarea pe o suprafaţă mare a instalaţiilor hidrotehnice ale centralelor termoelectrice, importanţa deosebită a asigurării alimentării neîntrerupte cu apă de răcire a centralei, necesitatea intervenţiei rapide a personalului de exploatare în caz de avarie, ca şi urmărirea reducerii numărului de personal de exploatare au condus la automatizarea proceselor tehnologice ale circuitului hidrotehnic al centralei.

În prezent se impune adoptarea centralizării conducerii operative a circuitului hidrotehnic la centralele termoelectrice de puteri mari.

Soluţia de centralizare a exploatării instalaţiilor circuitului hidrotehnic este determinată de particularităţile instalaţiilor circuitului hidrotehnic :

— la un circuit hidrotehnic mixt, cu turnuri de răcire cu circulaţie naturală şi forţată, la care se impun intervenţii mai dese ale personalului de exploatare, apare indicat, din punct de vedere tehnic şi economic, ca centralizarea exploatării să se facă într-o cameră de comandă hidrotehnică ;

— la circuite hidrotehnice, cu circuit de apă de răcire deschis, se justifică centralizarea exploatării circuitului hidrotehnic în camera de comandă a blocurilor sau de dispecer a centralei.

Investiţia necesară centralizării exploatării instalaţiilor hidrotehnice se ridică la 0,7 — — 0,8% din costul instalaţiei hidrotehnice. Aceasta se justifică prin :

— creşterea siguranţei de funcţionare a circuitului hidrotehnic şi implicit a centralei ;

— îmbunătăţirea randamentului centralei, printr-o exploatare mai raţională a circuitului hidrotehnic ;

— reducerea numărului de personal de exploatare.

Acceptînd o îmbunătăţire a consumului de combustibil cu 2 kcal/kWh, la o îmbunătăţire a exploatării circuitului hidrotehnic în circuit mixt cu un grad, rezultă o economie anuală de combustibil, la o centrală de 800 MW, de 1600 t c.c. Aceasta justifică investiţii în instalaţia de centralizare în jurul a un milion de lei.

În cazul în care se iau în considerare şi economiile prin creşterea disponibilităţii centralei, economiile din reducerea de personal şi reducerea investiţiilor în instalaţiile de extragere de combustibil, investiţiile în instalaţiile de centralizare pot fi şi mai mari.

(Articol intrat în redacţie la 3 iunie 1968)

* * *

Nivelul puterilor de scurtcircuit pe barele de 6 (10)kV în centrale și stații electrice

Ing. M. Stein și ing. V. Grigoriu *)

Problemei puterilor de scurtcircuit în rețelele electrice i se atribuie o importanță din ce în ce mai mare în legătură cu creșterea rapidă a puterilor instalate în sistemele energetice și a măririi gradului de buclare a acestora.

Semnificativ pentru acest fapt este tendința care se face tot mai remarcată în prezent, ca puterea de scurtcircuit să nu mai fie un parametru pentru verificarea instalațiilor electrice dimensionate din alte criterii, ci să devină factor de prim ordin care determină însăși stabilirea schemelor sistemelor și instalațiilor, ajungînd să fie sub acest aspect de aceeași importanță cu factorii determinanți cunoscuți în prezent, ca: tensiune nominală, curent nominal, frecvență nominală, căderi de tensiune, stabilitate etc.

Se pare că a devenit necesar încă de pe acum ca alegerea unei anumite scheme să se facă pornind neapărat și de la necesitatea nedepășirii unui anumit plafon al puterii de scurtcircuit, ceea ce, evident, influențează considerabil criteriile după care se proiectează și se construiesc rețelele electrice [7].

De altfel, aceste probleme au apărut de cîțiva ani în rețelele cu tensiuni medii, dar în momentul de față ele apar și pentru rețelele de tensiuni mari și foarte mari, aceasta atît din necesitatea de a limita puterile de scurtcircuit în aceste rețele, cît și din aceea că măsurile care s-au putut lua în rețelele de medie tensiune nu mai sînt suficiente, fiind nevoie de noi măsuri în rețelele suprapuse.

Cea mai evidentă măsură, și totodată cea mai eficace, este secționarea rețelelor. Această secționare are și efecte negative, deoarece îngreuiază realizarea unei repartiții elastice a sarcinilor în diversele puncte ale rețelelor, mai ales atunci cînd schimburile de energie sînt lăsate în seama rețelei secționate. Dacă însă aceste schimburi de energie se pot face în mod economic prin intermediul rețelei suprapuse imediat superioare ca treaptă de tensiune, efectele negative ale secționării nu se mai fac atît de remarcate.

Schimbul de energie în rețeaua superioară este cu atît mai favorabil, cu cît această rețea este mai densă și mai buclată. Prin buclare, însă, cresc — după cum se știe — puterile de scurtcircuit.

Aceste aspecte constituie de fapt problemele-cheie care se pun la găsirea unor soluții cît mai apropiate de cea optimă în ceea ce privește configurația rețelei și plafonul de scurtcircuit.

Nivele de puteri de scurtcircuit

În tehnica mondială de amenajare a rețelelor electrice se face remarcată o oscilație în jurul unor plafoane a puterilor de scurtcircuit, ale căror valori sînt relativ apropiate pentru diverse țări europene, și anume:

— la 400 kV, între 20 și 25 GVA;
— la 220 kV, între 12 și 15 GVA;
— la 110 kV, între 5 și 7 GVA.

În ceea ce privește valorile pentru tensiunile medii, ele sînt mai dispersate, deoarece, pe cînd plafoanele pentru tensiuni înalte sînt stabilite în special în funcție de performanțele maxime ce s-au obținut pentru aparate, în rețelele de medie tensiune factorii ce determină valorile-plafon ale puterilor de scurtcircuit nu sînt determinați atît de performanțele aparatajului, care sînt foarte mari, cît de considerente de ordin economic, deoarece aceste rețele, servind aproape exclusiv pentru distribuție, fiind foarte extinse, costul lor este puternic influențat de nivelul puterii de scurtcircuit.

Este interesant de remarcat că fabricanții de aparataj electric s-au oprit la valori ale curenților de scurtcircuit foarte apropiate de 30 kA pentru toate tensiunile înalte.

Dacă am considera aceeași valoare de 30 kA și la tensiunile de 6 și 10 kV, am ajunge la valori ale puterilor de scurtcircuit de 300 MVA, respectiv 500 MVA, valori recunoscute de mulți autori ca valori economice pentru aceste tensiuni și din punctul de vedere al costului instalațiilor.

Pe cînd valoarea maximă de 500 MVA la 10 kV se poate asigura pentru un număr relativ mare de instalații, valoarea de 300 MVA la 6 kV este de foarte multe ori depășită, chiar în cazurile cînd se iau măsuri de secționare a rețelelor, datorită unor motive ca:

— puterea și tensiunea de scurtcircuit a transformatoarelor fiind în general aceeași, fie că este vorba de distribuție în 6 kV, fie în 10 kV, puterile de scurtcircuit sînt și ele aceleași la 6 și 10 kV;

— pe barele de 6 kV debitează direct generatoarele centralelor electrice, pe cînd pentru tensiuni mai mari generatoarele sînt conectate de obicei bloc la tensiuni mai înalte în schema-bloc.

---

*) M. Stein este ing. proiectant șef la ISPE și V. Grigoriu este ing. proiectant principal la același institut.

În sensul celor arătate mai sus, referitor la faptul că valorile puterilor de scurtcircuit ar putea să determine parametrii și configurația rețelei, apare ca favorabilă și din acest punct de vedere folosirea tensiunii de 10 kV ca tensiune de distribuție larg folosită ; aceasta cu atît mai mult, cu cît în foarte multe țări tensiunea pentru care se fabrică aparatajul de 6 kV este de fapt de 10 kV.

Pînă la stabilirea unui punct de vedere mai conturat în această privință și ținînd seamă că în țara noastră există și vor continua să existe foarte multe rețele — mai ales industriale — de 6 kV, este necesar a se căuta soluții economice și pentru această tensiune.

Găsirea unui plafon optim tehnico-economic al puterilor de scurtcircuit este practic imposibilă, cu toate că s-au făcut încercări în acest sens. Acest lucru se datorește faptului că acest plafon depinde de o multitudine de factori, care nu rămîn nici măcar constanți în timp.

Ceea ce se poate afirma însă cu certitudine, din experiența de proiectare și exploatare a instalațiilor de 6 kV, este că valoarea de 600 MVA pentru puterea de scurtcircuit este o valoare critică, de la care costul instalațiilor crește foarte mult, acestea devenind și foarte greoaie [6].

Variația costurilor instalațiilor pentru diverse puteri de scurtcircuit este arătată în figura 1.

Este de remarcat că la tensiunea de 10 kV costul stațiilor la peste 600 MVA putere de scurtcircuit este aproape dublat față de cel pentru 200 MVA. Curba reprezintă creșterea costului instalațiilor în sine, ea neținînd seama de creșterea costului rețelelor racordate cu puterea de scurtcircuit.

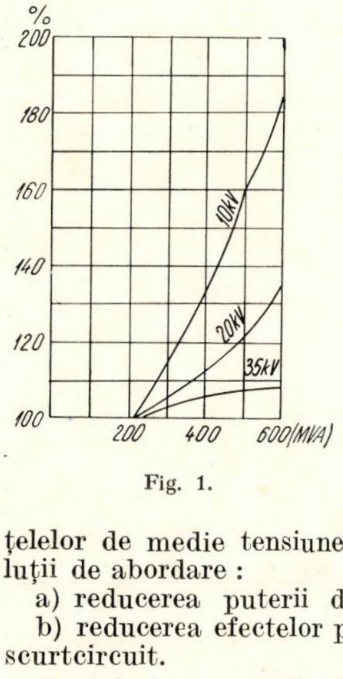


Fig. 1.

Metode de reducere a costului instalațiilor

Avînd în vedere cele arătate, problema ieftinirii instalațiilor și a rețelelor de medie tensiune comportă două soluții de abordare :

a) reducerea puterii de scurtcircuit;

b) reducerea efectelor produse de curenții de scurtcircuit.

Dacă în țara noastră, soluțiile de la punctul a) au fost studiate și aplicate cu cercetarea mai mult sau mai puțin atentă a fiecărui caz în parte prin calcule tehnico-economice, soluțiile b), de ieftinire a instalațiilor prin reducerea efectelor produse de curenții de scurtcircuit, sînt mai puțin studiate.

În cele ce urmează se va căuta să se scoată în evidență unele aspecte ale acestei probleme, pentru a nu fi pierdute din vedere la concepția unor asemenea instalații, ceea ce ar putea avea ca urmare măriri nu totdeauna justificate ale cheltuielilor de investiții.

a) *Reducerea puterii de scurtcircuit*

Mijloacele clasice de reducere a puterii de scurtcircuit sînt, în esență, următoarele :

1. folosirea bobinelor de reactanță ;
2. secționarea barelor ;
3. mărirea reactanțelor transformatoarelor.

Bobinele de reactanță se pot instala pe plecări pe bare și pe transformator. Această ultimă soluție este foarte puțin folosită, datorită unei serii de factori care o dezavantajeză, cum sînt : mărirea căderilor de tensiune pe transformator, necesitatea unor bobine de curenți foarte mari, eficiență relativ redusă.

Cea mai eficientă măsură rămîne prevederea de bobine pe plecări, deoarece această soluție este practic independentă de nivelul puterilor de scurtcircuit pe barele la care sînt racordate bobinele.

Costul bobinelor fiind foarte ridicat, necesitînd pe lîngă aceasta și construcții greoaie, se apelează tot mai des la prevederea unei singure bobine pentru mai multe plecări [5]. În multe situații, această soluție prezintă inconveniente, ca, de exemplu, în cazul cînd una din plecările de pe o bobină alimentează motoare de putere mare cu pornire directă. În acest caz, la pornirea unui asemenea motor, în afara îngreuiării condițiilor de pornire, se pot produce variații importante de tensiune și pe celelalte plecări racordate la aceeași bobină, ceea ce necesită o repartizare fortuită a plecărilor pe diverse bobine. Se observă că, din acest punct de vedere, cu cît numărul de plecări pe bobină este mai mare (bobină de curent mai mare) și cu cît curenții de lucru ai fiecărei plecări sînt mai mici în raport cu curentul acesteia, situația este mai favorabilă.

Din cauza costului ridicat al stațiilor cu bobine de reactanță pe plecări, se caută evitarea pe cît posibil a acestei soluții. Reducerea puterilor de scurtcircuit se caută a se obține în primul rînd prin secționarea barelor colectoare, sau prin prevederea de bobine numai pe bare.

Aplicabilitatea acestei soluții este determinată de gradul de secționare și de reactanța transformatoarelor coborîtoare, atît gradul de secționare cît și reactanța transformatoarelor avînd însă limitele lor. Astfel, evident că gradul de secţionare maxim este cel în care secţiile corespund numărului de transformatoare instalate.

Bineînţeles că alegerea uneia sau alteia dintre soluţii se face în primul rînd pornind de la valoarea considerată ca admisibilă pentru puterea de scurtcircuit. După cum s-a mai spus, stabilirea unei valori optime pentru această putere este foarte dificilă. În orice caz, se poate afirma că această valoare este bine să fie atît de mică încît să permită :

— folosirea de aparataj de construcţie cît mai uşoară ;

— folosirea de cabluri a căror secţiune să poată fi dimensionată numai pe baza încărcărilor de durată (sau în orice caz să nu fie necesare supradimensionări importante).

În ţara noastră, tipurile noi de întrerupătoare de medie tensiune asimilate au următoarele puteri de rupere (vezi nota):

250 MVA, la 6 kV;

500 MVA, la 10 şi 20 kV.

Este evident că, pentru condiţiile noastre, aceste puteri de scurtcircuit nu trebuie de regulă depăşite, fără a se înţelege prin aceasta că nu este interesant ca în multe cazuri să se tindă spre reducerea valorilor sub cele indicate mai sus. Din aceste consideraţii rezultă următoarele :

— *pentru tensiunea de 6 kV*, folosind transformatoarele cu reactanţă de 17 %, puterea de scurtcircuit de 250 MVA este depăşită îndată ce puterea transformatorului pe o secţiune este mai mare de 40 MVA, iar la o reactanţă de 11 %, cînd puterea acestuia este mai mare de 25 MVA;

— *pentru tensiunile de 10 şi 20 kV*, puterea-limită a transformatoarelor, pentru care nu se depăşeşte puterea de scurtcircuit de 500 MVA, este de 80 MVA pentru reactanţa de 17 % şi aproximativ 60 MVA pentru reactanţa de 11 %.

Trebuie remarcat că puterea transformatoarelor de 40 MVA la 6 kV este oricum o putere-limită, chiar şi atunci cînd se folosesc bobine de reactanţă pe plecări, deoarece în acest caz secţionarea barelor nu mai este raţională. În consecinţă, pentru treapta următoare de puteri de transformatoare (60 MVA), puterea de scurtcircuit pe bare creşte peste 700 MVA (transformatoarele funcţionînd în paralel), ceea ce conduce la neeconomicitatea soluţiei pentru însăşi staţia de transformare.

Pornind de la acest considerent, apare discutabilă, în special pentru staţii cu tensiune secundară de 6 kV, prevederea existentă în ţara noastră, referitoare la limitarea numărului transformatoarelor la două, deoarece limitează posibilitatea reducerii puterilor de scurtcircuit prin secţionare.

Ca exemplu se poate considera cazul unui consumator de 50 MVA, care necesită o rezervă de 100 % în cazul defectării unui transformator. Ţinînd seamă de puterile nominalizate pentru transformatoare, va fi necesară o staţie cu două transformatoare de 60 MVA cu toate dezavantajele menţionate mai sus.

Dacă însă numărul de transformatoare din această staţie s-ar mări la trei, de 25 MVA, fiecare debitînd pe o secţiune separată de bare, pe lîngă avantajul unei siguranţe mărite rezultate din numărul mare de secţiuni, nivelul scăzut al puterilor de scurtcircuit va conduce la o soluţie mai economică, atît în staţie cît şi în reţea.

Printr-un calcul economic simplu, se poate constata că a doua soluţie este mai ieftină decît prima cu circa 30 %.

De altfel, ideea limitării puterii transformatoarelor şi a creării a atîtea secţiuni de bare cîte transformatoare sînt montate nu este nouă. Ea se aplică de cîţiva ani în urma unei necesităţi evidente în reţelele cu tensiunea pînă la 1 000 V, unde, din aceleaşi considerente, puterea transformatoarelor este limitată în jurul valorii de 1 000 kVA, neadmiţîndu-se funcţionarea în paralel pe joasă tensiune a acestor transformatoare.

Este deci logic că, o dată cu creşterea puterilor de scurtcircuit, asemenea probleme şi soluţionări să se întîlnească la tensiuni din ce în ce mai mari.

Probleme ca cele de mai sus nu se pun deocamdată la staţii avînd tensiunea de 10 kV şi 20 kV. Se vede că pentru această tensiune puterile de scurtcircuit permit instalarea unor transformatoare de puteri mari.

La acest punct ar rezulta deci următoarele sugestii de luat în seamă la întocmirea unor proiecte viitoare.

— Pentru tensiunea de 6 kV

1. Să se limiteze puterea transformatoarelor din staţii cu tensiunea inferioară de 6 kV la 25, respectiv 40 MVA, pentru reactanţe ale acesteia de 11 %, respectiv 17 %, apărînd deci necesitatea construirii unor transformatoare cu tensiuni de scurtcircuit de 17 %.

2. Să se acorde prioritate soluţiei secţionării barelor pe număr de transformatoare, în raport cu soluţia folosirii de bobine de reactanţă, şi să nu se limiteze numărul de transformatoare din staţii.

3. Bobine de reactanţă pe plecări să se prevadă, dacă este necesar, numai în centralele electrice în care debitează direct generatoare la tensiunea de 6 kV.

4. În cazul unui consumator avînd puteri foarte mari, în care nici soluţia de la punctul 2 nu este satisfăcătoare, să se studieze prevederea unei reţele de tensiune intermediară

(de exemplu 20 kV și chiar 110 kV), cu repartizarea puterii pe multe transformatoare.

5. În afara considerentelor de mai sus, este hotărîtor pentru alegerea unei scheme corecte abordarea problemei prin folosirea mijloacelor matematice moderne (statistice), în ceea ce privește siguranța ei de funcționare. În acest sens trebuie avut în vedere că fiecare element suplimentar introdus în schemă reprezintă o posibilitate de defect în plus [4], [8].

— Pentru tensiunea de 10 kV

Este recomandabil ca această tensiune să fie folosită, din punctul de vedere examinat în acest referat, ori de cîte ori nu există consumatori la tensiunea de 6 kV și există concentrări mari de puteri.

— Pentru tensiunea de 20 kV

Nu apar deocamdată probleme deosebite în ce privește stăpînirea puterilor de scurtcircuit, deoarece, rețeaua de 20 kV utilizîndu-se în momentul de față aproape în exclusivitate pentru electrificări rurale, nu apar în multe cazuri mari concentrări de putere.

b) *Reducerea efectelor produse de curenții de scurtcircuit*

După cum rezultă din cele arătate la pct. a), măsurile de reducere a puterilor de scurtcircuit sînt destul de limitate. În vederea ieftinirii instalațiilor, trebuie luate deci măsuri suplimentare pentru reducerea efectelor scurtcircuitelor, printre care trebuie avute în vedere și o serie de metode neconvenționale care pînă acum nu s-au folosit la noi.

Este știut că curentul de scurtcircuit își manifestă acțiunea prin două caracteristici principale, și anume : valoarea maximă a curentului de șoc și efectul termic.

Prima caracteristică afectează numai instalațiile, nu și rețelele, în schimb efectul termic trebuie luat în considerație atît pentru instalații cît și în rețea.

1. Asupra efectelor curentului de șoc se poate acționa întrerupînd curentul foarte rapid, înainte ca acesta să atingă valoarea sa maximă.

În acest sens, pe lîngă folosirea siguranțelor fuzibile, se preconizează în ultimul timp limitarea acestui curent pe baza acțiunii unor aparate de întrerupere ultrarapide [1], [2], [3].

Asemenea aparate, cunoscute sub denumirea de limitatoare de curent funcționează prin acțiunea unei capsule explozive care întrerupe curentul într-un timp atît de scurt, încît acesta nu are posibilitatea să atingă valoarea sa maximă de amplitudine. În acest fel, aparatul limitează solicitările dinamice la care pot fi supuse circuitele.

Cea mai simplă schemă este aceea din figura 2, unde dispozitivul de limitare este astfel reglat încît limitarea curentului să se prevadă numai în cazurile cînd acesta depășește performanțele întrerupătorului. În toate celelalte cazuri acționează întrerupătorul (în general această valoare este de 200 MVA).

În cazul cînd sursele funcționează în paralel, ca în figura 3 și 4, limitatorul se montează fie pe una din surse (transformatoare), fie pe bară.

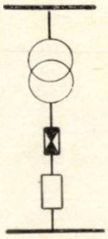


Fig. 2.

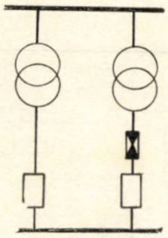


Fig. 3.

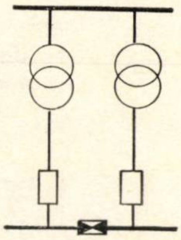


Fig. 4.

Interesantă este soluția din figurile 5 și 6, în care, pentru a nu se întrerupe continuitatea alimentării consumatorilor, limitatorul dehuntează o bobină de reactanță, întreruperea scurtcircuitului făcîndu-se selectiv față de întrerupătorul de linie.

Asemenea limitatoare se fabrică în mod curent de diverse firme din R. F. a Germanie și folosirea lor și în rețelele noastre apare ca interesantă.

O altă soluție de luat în considerare este și aceea din figura 7.

În acest caz, pentru un scurtcircuit în punctul *1* (sau pentru orice alt punct de pe alte linii), funcționează fără temporizare întrerupătorul *I*, deșuntînd bobina *B*, care reduce valoarea curentului de scurtcircuit la o valoare corespunzătoare condițiilor pentru care a fost dimensionată rețeaua de cabluri și pe care sînt capabile s-o rupă întrerupătoarele de pe linii.

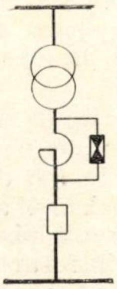


Fig. 5.

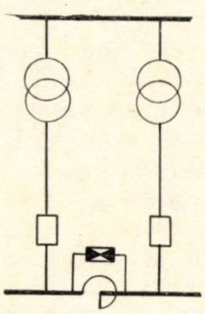


Fig. 6.

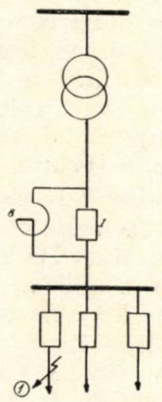


Fig. 7.

După intrarea în funcțiune a întrerupătorului *I*, scurtcircuitul este selectat de întrerupătorul liniei respective.

Întrerupătorul *I* nu funcționează decît pentru acele scurtcircuite a căror valoare depășește fie capacitatea de rupere a întrerupătoarelor de pe linii, fie aceea pentru care a fost dimensionat cablul. (În cazul unor cabluri de 3 × 95 mm^2, reducerea puterii de scurtcircuit la valoarea de 250 MVA se produce la scurtcircuite situate la o distanță numai de circa 300 m de la stație, iar în cazul unor linii aeriene, la distanța de numai 200 m, deci frecvența funcționării acestui întrerupător sau a limitatorului poate fi destul de redusă).

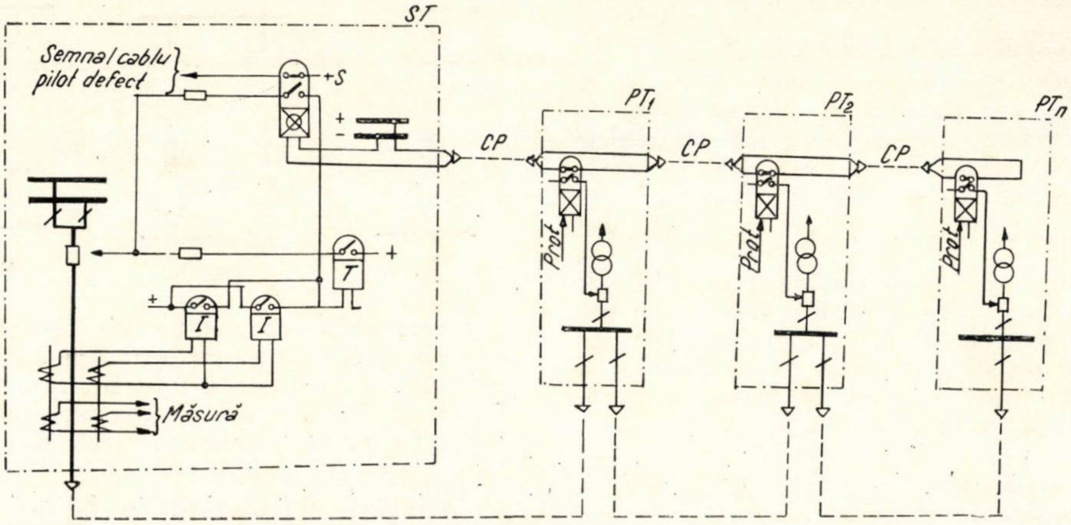


Fig. 8.

După selectarea scurtcircuitului, întrerupătorul *I* anclanșează automat.

Schema descrisă elimină necesitatea bobinelor pe plecări, și în unele cazuri chiar și secționarea; în schimb, necesită întrerupătoare pe linii al căror curent de stabilitate dinamică să fie mai mare decît cel corespunzător cu valoarea: 1,41 × 1,8 × curentul de rupere, deoarece ele sînt parcurse, pînă la funcționarea întrerupătorului *I*, de întreaga valoare a curentului de șoc.

Astfel, de exemplu, dacă întrerupătoarele de tip nou, IO, fabricate în țară, ar avea un curent de stabilitate dinamică de 100 kA, în loc de 75 kA, cît au în prezent, această schemă ar putea funcționa la puteri de scurtcircuit pînă la 400 MVA. După funcționarea întrerupătorului *I*, puterea de scurtcircuit se poate reduce pînă la 100 MVA sau chiar mai puțin, ceea ce ar conduce la mari ieftiniri în rețelele de cabluri.

Pe de altă parte, schema asigură o restabilire extrem de rapidă a tensiunii pe barele stației (de 0,2—0,3 s), ceea ce este deosebit de important pentru mărirea stabilității funcționării, atît a surselor cît și a consumatorilor racordați.

Mărirea stabilității electrodinamice a întrerupătoarelor este o problemă mai ușor de rezolvat decît, de exemplu, mărirea puterii de rupere sau a stabilității termice, fiind legată și de cheltuieli suplimentare mult mai reduse. Este poate cazul de a se provoca o discuție în această direcție cu fabrica producătoare pentru a se stabili condițiile în care o astfel de mărire a stabilității poate fi obținută (vezi nota).

2. Asupra efectelor termice ale curentului de scurtcircuit se poate acționa prin micșorarea timpului de protecție.

Micșorarea timpului de protecție constituie de mult o preocupare permanentă a proiectanților, însă, așa cum este normal, se observă că această preocupare este îndreptată în special spre tensiuni mari sau foarte mari, unde acest fapt este justificat în primul rînd de condițiile impuse de stabilitatea funcționării sistemului energetic. În prezent, avînd în vedere creșterea deosebită a puterilor de scurtcircuit în rețelele de medie tensiune, problema folosirii protecției rapide și în aceste rețele începe să capete o importanță din ce în ce mai mare, în special datorită efectelor economice ce rezultă din aceasta.

În cele ce urmează se prezintă un calcul limitat deocamdată numai la cazul canalizărilor subterane, din care rezultă necesitatea luării în considerație a unor protecții rapide la proiectarea rețelelor de medie tensiune și eficiența acestora.

Calculul se face pentru stabilirea limitelor economice de folosire a unei protecții cu firpilot a cablurilor, denumită în cele ce urmează protecție comparativă.

Schema de principiu de protecție comparativă este arătată în figura 8. Protecția funcționează practic fără temporizare pentru defecte cuprinse între întrerupătorul de la plecarea din stație și întrerupătorul de la capătul liniei. Acest lucru se realizează prin șuntarea treptei de temporizare a protecției maximale, în cazul cînd protecția de la capătul liniei nu a demarat.

În cazul scurtcircuitelor în aval de întrerupătorul de la capătul liniei, protecția maximală din stație constituie protecția de rezervă, treapta de temporizare nemaifiind de data aceasta șuntată.

Calculul tehnico-economic este dat în anexa I. Din acest calcul s-a obținut o relație finală, din care rezultă lungimea minimă a unui cablu pentru care soluția cu protecție comparativă cu micșorarea secțiunii cablului (s_2) este mai favorabilă decît soluția cu protecție obișnuită și cu secțiune mai mare a cablului (s_1).

Această lungime se obține conform relației :

$$l_{min} = \frac{c_p}{\Delta I - \alpha \cdot \tau \cdot I^2 \cdot \frac{s_1 - s_2}{s_1 \cdot s_2}},$$

în care:

ΔI este diferența de investiții ;
τ — timpul de pierderi maxime ;
I — curentul de sarcină maximă ;
s_1 — secțiunea cablului în cazul protecției obișnuite ;
s_2 — secțiunea cablului în cazul protecției comparative ;
c_p — costul protecției diferențiale ;
α — coeficient egal cu 100 pentru cabluri de aluminiu și 60 pentru cabluri din cupru.

În calcul s-a ținut seamă atît de valoarea cheltuielilor de investiții, cît și de cea a cheltuielilor anuale de exploatare (amortizare, pierderi de energie etc.).

Din relația de mai sus rezultă că, în marea majoritate a cazurilor întîlnite în practică, lungimea de la care se justifică prevederea unei protecții rapide este mică, astfel că asemenea protecții pot fi folosite în mod economic în aproape toate rețelele industriale și urbane.

Pentru exemplificare, se arată în anexa II modul de calcul pentru un caz întîlnit în practica de proiectare.

După cum rezultă din acest calcul, prevederea protecției rapide pe distribuitoare permite reducerea secțiunii cablurilor de la 3 × × 120 mm² Al la 3 × 70 mm² Al.

În această rețea, ca în alte rețele similare, pe lîngă avantajele economice și tehnice, se obține și posibilitatea realizării unei comenzi și semnalizări la distanță pe firele-pilot ale întrerupătoarelor din posturile de distribuție.

În rețelele la care s-ar analiza și apoi aplica această soluție, s-ar îmbunătăți considerabil nivelul tehnic de exploatare al întregului complex de instalații. Astfel, de exemplu, în rețeaua de cabluri a unui combinat chimic, unde timpul de selectare a aparatelor la tensiunea barelor colectoare ale centralei industriale este deosebit de important, s-ar obține o mai mare siguranță în funcționarea stabilă a grupurilor prin eliminarea rapidă a căderilor de tensiune provocate de scurtcircuite în rețeaua de cabluri de 6 kV.

Calcule asemănătoare se pot și trebuie făcute și pentru alte elemente de rețea de tensiuni mai mari, de exemplu barele colectoare, pentru care în prezent se iau în considerare timpi de protecție foarte ridicați, ceea ce conduce la cheltuieli de investiții considerabil mărite pentru amenajări constructive (cadre, bare etc.).

Concluzii

Considerațiile făcute mai sus au căutat să scoată în evidență unele aspecte noi sub care trebuie privită proiectarea rețelelor și instalațiilor electrice, în special de medie tensiune, ținînd seamă de creșterea considerabilă a puterilor de scurtcircuit.

Considerăm necesar a se insista în special asupra studierii următoarelor aspecte :

1. Limitarea puterii transformatoarelor coborîtoare din stații la 25, respectiv 40 MVA, pentru tensiunea inferioară de 6 kV (pentru tensiunea de scurtcircuit a acesteia de 11%, respectiv 17%) și la 60, respectiv 80 MVA, pentru tensiunea superioară de 10 kV (pentru tensiunea de scurtcircuit a acestora de 11%, respectiv 17%).

2. Reconsiderarea principiilor actuale după care stațiile de transformare trebuie să fie echipate în general numai cu două transformatoare; aplicarea rigidă a acestui principiu poate să conducă în anumite cazuri la mărirea nejustificată a puterilor de scurtcircuit în rețelele de medie tensiune.

3. Prevederea schemelor cu bobine de reactanță pe plecări să se facă pe cît posibil numai în cazul centralelor electrice cu generatoare racordate direct pe barele colectoare.

4. Oportunitatea realizării de transformatoare coborîtoare cu tensiuni de scurtcircuit mărite pînă în jurul valorilor de 17%.

5. Introducerea de metode noi (dintre care unele au fost menționate mai sus) de limitare a efectelor curenților de scurtcircuit.

6. Să se acorde cea mai mare atenție și importanță introducerii schemelor de protecție rapidă la toate nivelele de tensiune, ținînd seamă că, o dată cu creșterea continuă a puterilor de scurtcircuit, aceste scheme se justifică aproape în toate cazurile și din punct de vedere tehnico-economic.

ANEXA I

Calcul tehnico-economic privind compararea a două variante de realizare a unei legături în cablu 6, 10, 20 kV

Varianta I. Se folosește o protecție maximală temporizată, cablul avînd secțiunea S_1, rezultată din verificarea stabilității termice la securtcircuit la timpul t_1.

Varianta II. Se folosește o protecție comparativă cu fir-pilot, cablul avînd secțiunea $S_2 < S_1$, rezultată fie din verificarea la stabilitate termică la scurtcircuit la timpul $t_2 < t_1$, fie din dimensionarea la încărcarea de durată.

Compararea variantelor se face pe baza cheltuielilor anuale de calcul Z. Varianta optimă este cea care prezintă Z_{min}:

$$Z = C + \frac{1}{T_n} \cdot I = C + 0{,}1\ I, \tag{1}$$

în care

C reprezintă cheltuielile anuale;
I — investiție;
T_n— termenul de recuperare normat (10 ani).

Toate valorile din calcule sînt raportate la unitatea de lungime (metru liniar), în final obținîndu-se chiar lungimea minimă de la care este favorabilă folosirea variantei II, cu protecție comparativă.

Cheltuielile de investiții

	Varianta I	*Varianta II*
— costul cablului de forță	I_1	I_2
— costul cablului pilot	—	I_3
— costul specific al protecției comparative (pe ml)	—	$\frac{C_p}{l}$

Cheltuieli anuale

	Varianta I	*Varianta II*
— cota de amortizare 5,5 % I	$0{,}055\ I_1$	$0{,}055\left(I_2 + I_3 + \frac{C_p}{l}\right)$,
— pierderile de energie	$p_1 \tau c$	$p_2 \tau c$

în care

p_1, p_2 reprezintă pierderi de putere în cablurile de secțiune s_1 și s_2;
τ — durata maximă de pierderi;
c — costul energiei electrice, 0,17 lei/kWh.

Cheltuieli de calcul

$$\begin{cases} Z_1 = 0{,}1\ I_1 + 0{,}055\ I_1 + p_1 \tau c; \\ Z_2 = 0{,}1\left(I_2 + I_3 + \dfrac{C_p}{l}\right) + 0{,}055\left(I_2 + I_3 + \dfrac{C_p}{l}\right) + p_2 \tau c. \end{cases} \tag{2}$$

Din egalitatea $Z_1 = Z_2$ rezultă lungimea (l_{min}) la care variantele sînt echivalente:

Pentru $l < l_{min}$, se alege varianta I;

Pentru $l \geqslant l_{min}$, se alege varianta II.

$$0{,}155\ I_1 + p_1 \tau c = 0{,}155\left(I_2 + I_3 + \frac{C_p}{l}\right) + p_2 \tau c \tag{3}$$

$$0{,}155\ [I_1 - (I_2 + I_3)] + \tau c\,(p_1 - p_2) = 0{,}155\ \frac{C_p}{l} \tag{4}$$

Din relația (4) rezultă l_{min}:

$$l_{min} = \frac{C_p}{\Delta I - 6{,}5\ \tau c \Delta p}, \tag{5}$$

în care

$$\Delta I = I_1 - (I_2 + I_3);$$
$$\Delta p = p_1 - p_2.$$

Termenul 6,5 $c\tau\Delta p$ se poate pune și sub forma:

$$6{,}5\ c\tau \cdot 3\,\frac{1}{\gamma} .\ I^2_{max} \cdot \frac{s_1 - s_2}{s_1 \cdot s_2} \cdot 10^3 = \alpha \tau I^2_{max} \frac{s_1 - s_2}{s_1 \cdot s_2}, \tag{6}$$

în care

$$\alpha = 6{,}5 \times c \times 3 \times \frac{1}{\gamma} \cdot 10^3;\ \gamma = 34 \text{ pentru Al};$$

$\gamma = 56$ pentru Cu

I_{max} se exprimă în kA.

Rezultă:

$$\alpha_{\mathrm{Al}} = 100;$$
$$\alpha_{\mathrm{Cu}} = 60.$$

Formulele finale ale lungimii minime pentru cabluri de aluminiu și, respectiv, cupru sînt:

$$\boxed{\begin{aligned} l_{min_{\mathrm{Al}}} &= \frac{C_p}{\Delta I - 100\ \tau I^2_{max} \cdot \dfrac{s_1 - s_2}{s_1 \cdot s_2}} && (7) \\ l_{min_{\mathrm{Cu}}} &= \frac{C_p}{\Delta I - 60\ \tau I^2_{max} \dfrac{s_1 - s_2}{s_1 \cdot s_2}} && (8) \end{aligned}}$$

ANEXA II

Aplicarea calculului tehnico-economic, conform anexei I, la un caz întîlnit în practica de proiectare pentru rețeaua de cabluri de 10 kV a unui consumator

Datele rețelei:

— lungimea totală a cablurilor de 10 kV: 11 600 m;

— puterea de scurtcircuit de calcul: $p_k = 180$ MVA

$$(p_k\,0 \cong p_k\,\infty);$$

— timpul de protecție fără fir-pilot: $t_1 = 1{,}5''$;

— secțiunea necesară pentru asigurarea stabilității termice a cablului la $t_1 = 1{,}5''$: $s_1 \cong 3 \times 120$ mm² Al (secțiunea necesară din condiția curentului maxim de durată $I_{max} = 87$A este de 3×35 mm² Al);

— timpul de protecție cu fir—pilot: $t_2 = 0{,}5''$;

— secțiunea necesară pentru asigurarea stabilității termice a cablului la $t_2 = 0{,}5''$: $s_2 = 3 \times 70$ mm² Al;

— timpul maxim de pierderi: 2 000 ore (corespunzător unei durate de utilizare a sarcinii maxime de 4 000 ore/an și unui factor de putere egal cu 0,9).

Cheltuieli de investiții

Varianta I	*Varianta II*
$I_1 = 130$ lei/m	$I_2 = 103$ lei/m
—	$I_3 = 6$ lei/m*)
—	$C_p = 10\,000$ lei

În schimb, s-a ținut seamă că firul-pilot are în acest caz un număr dublu de conductoare.

Rezultă:

$$l_{min} = \frac{10\,000}{130 - (103 + 6) - 100 \times 2\,000 \times 0{,}087^2 \times \dfrac{120 - 70}{8\,400}};$$

$$l_{min} = 830 \leqslant 11\,600 \text{ m}.$$

---

*) Valoarea de 6 lei/m a cablului-pilot reprezintă jumătate din prețul real, deoarece cablul-pilot însoțește, în acest caz particular, două cabluri distribuitoare, deci lungimea lui este de două ori mai mică decît aceea a cablurilor de forță.

a) Costul total al cablurilor de 3 × 120 mm Al este de 130 × 11 600 = 1 500 000 lei;

b) Costul total al cablurilor de 3 × 70 mm Al este de 103 × 11 600 = 1 200 000 lei;

c) Costul cablului-pilot este de 12 × 5 800 = 70 000 lei;

e) Costul releelor suplimentare necesare protecției cu fir-pilot este de 10 000 lei.

Deci diferența cheltuielilor de investiții în favoarea variantei II (cu protecție comparativă) este:

1 500 000 — (1 200 000 + 70 000 + 10 000) = 220 000 lei.

Este interesant de remarcat că, deoarece la această rețea, conținînd 22 posturi de transformare, se prevede comanda la distanță a întrerupătoarelor din posturi, ceea ce necesită, evident, cabluri-pilot, costul instalației de comandă la distanță se ieftinește mult, dat fiind că aproape întreg costul pentru cablul-pilot necesar comenzii la distanță este acoperit din economiile de investiții mai sus determinate.

NOTĂ: După intrarea articolului în redacție, uzina Electroputere a comunicat că printre alte rezultate obținute la seria de întrerupătoare IO și IUP, probele de scurtcircuit efectuate asupra întrerupătoarelor IO-1250 A permit omologare a acestor întrerupătoare pentru o putere de rupere de 400 MVA la 6 kV și pentru un curent de stabilitate dinamică de 150 kA, corespunzînd unei puteri de scurtcircuit la t=0 de 630 MVA.

Se remarcă că în afara avantajelor menționate în text oferite de un curent de stabilitate dinamică mai mare decît cel corespunzător puterii de rupere acest fapt prezintă avantajul că întrerupătorul poate fi folosit în instalația în care puterea de scurtcircuit la t = 0 este mai mare decît puterea de rupere, însă care variază mult în funcție de timp (de ex. în apropierea generatoarelor electrice).

Bibliografie

[1] Bruchner, P. *Die Wachsenden Kurzschlussleistungen und ihre Beherschung in Niederspannungsanlagen.* ETZ-B, 14, nr. 19, 17 sept. 1962.

[2] Müller, L. *Die Beherschung erhöhter Kurzschlussleistungen an Speisepunkten von Mitelspannungsnetzen.* Elektrizitätswirtschaft, 63, 1964, nr. 13, 22 iunie 1964.

[3] Liffent, A. *Kurzschlussfestigkeit von 1 kV Kabeln mit Papiermasse-Isolierung.* Elektrizitätswirtschaft, 63, febr. 1964.

[4] Nitu, V., Albert, H. și Brădescu, M. *O nouă metodă pentru evaluarea siguranței de funcționare a schemelor stațiilor electrice, folosind calculul probabilităților.* Energetica nr. 12, 1965.

[5] Stein, M. și Bădescu, C. *Considerații asupra schemelor principale și dispozițiilor instalațiilor electrice în centrale electrice industriale.* Energetica nr. 12, 1964.

[6] Sîrmiatnikov, I. A. *K voprosu o teleobraznîh znaceniah tokov korotkovo zamîkanüa v raspredelitelnîh setiah.* Elektricestvo, nr. 3, 1966.

[7] Lülsdorf, T. *Die wachsende Kurzschlussleistung, ein Problem für Planung und Betrieb grosser Netze.* Energie nr. 4, 1966.

[8] Dittrich, W. *Beitrage zur Erfassung der Sicherheit der Stromversorgung.* Energie, nr. 7, 1966.

[9] Dimo, P. *Analiza sistemelor electroenergetice prin separarea nodurilor și utilizarea curenților de scurtcircuit.* Editura Tehnică, 1959.

(Articol intrat în redacție la 18 decembrie 1967)

o

Posibilități de simplificare a schemelor stațiilor electrice de conexiuni pe considerente de siguranță în funcționare

Ing. H. Albert și M. Brădescu *)

În articolul de față, autorii prezintă o serie de considerații teoretice bazate pe un volum mare de informații statistice, în vederea simplificării schemelor stațiilor electrice de conexiuni în exploatare. Analizînd soluțiile actuale prevăzute în normativele de proiectare, autorii au ajuns la concluzia că pot fi simplificate stațiile electrice, fără ca să fie redus gradul de siguranță în exploatare.

Avînd în vedere importantele consecințe tehnice și economice pe care le poate avea pentru sistemul energetic punerea în aplicare a soluțiilor preconizate, redacția revistei ,,Energetica'' pune în discuția cititorilor tema tratată în acest articol.

Practica de proiectare a stațiilor electrice de conexiuni, caracterizată prin directive de proiectare, prevede o delimitare a utilizării diferitelor tipuri de scheme, astfel:

— schema generală a unei stații va trebui să rezulte dintr-un studiu energetic de ansamblu, avînd ca bază evoluția puterii vehiculate prin stație în următorii 10 — 15 ani, precum și condițiile impuse de consumatorii aferenți (timpi admisibili de întrerupere, daune rezultate din întrerupere, poluarea atmosferei, compensarea factorului de putere, șocuri de putere și *flicker*, organizarea rețelei în incintă etc.);

— stațiile de transformare coborîtoare vor fi echipate, de regulă, în profil final cu două transformatoare (asigurîndu-se astfel rezerva necesară la căderea unuia dintre transformatoare) și, de preferință, cu două înfășurări;

— schemele stațiilor vor fi concepute, de regulă, cu un întrerupător pe circuit;

— din punctul de vedere al sistemului de bare în etapă finală, schemele stațiilor de 400 kV și 220 kV vor fi de regulă cu bare duble și bară de transfer.

Pentru stațiile de 110 kV se va putea adopta fie schema cu bare simple (în cazul unui plafon de trei plecări), fie schema-bloc (în cazul unor stații de racord adînc), fie schema cu bare duble (în acest caz, în funcție de importanța și de calitatea aparatajului, putîndu-se prevedea de la caz la caz și bare de transfer, ca și secționarea uneia din cele două bare). În cazul barelor simple, în funcție de importanța consumatorului, se va putea alege și schema de secționare longitudinală prin separator.

---

*) H. Albert este inginer proiectant consilier la ISPE; M. Brădescu este matematician principal la ISPE.

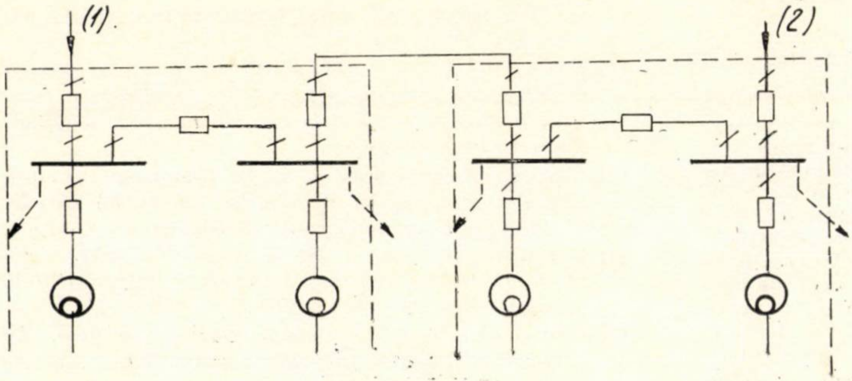


Fig. 1

În etapele anterioare profilului final, se va putea adopta o schemă mai simplificată, în funcție de gradul de echipare în acea etapă, de ritmul de dezvoltare a stației și de posibilitățile ulterioare de întrerupere.

În situația actuală de dezvoltare a sistemului energetic, în care rețelele de 110 kV sînt puternic buclate, rețelele de 220 kV și 400 kV au de regulă și ele o rezervare proprie sau reciprocă, structura stațiilor de transformare se poate simplifica considerabil pentru un anumit nivel de siguranță justificat economic.

Spre exemplu, prevederea ca stațiile cu bare simple de 110 kV să fie limitate la trei plecări, dacă se consideră că orice consumator important are, de regulă, două linii de alimentare, se cere revizuită. Apare necesitatea ca, pentru un nivel de siguranță ridicat, cele două linii de alimentare să fie racordate pe sisteme de bare distincte. Dacă liniile pornesc dintr-o aceeași stație, ele pot fi alimentate de pe bare diferite ale unui sistem de bare duble sau de pe două secțiuni ale unei stații cu bare simple secționate. Dacă aceste linii au alimentarea din stații diferite, evident acestea pot fi limitate la bare simple.

În aceste condiții, limitarea stațiilor cu bară simplă la un profil de trei plecări nu mai apare rațională.

De asemenea, fixarea, de regulă, a domeniului schemelor cu bară simplă la tensiunea de 110 kV nu apare rațională.

Spre exemplu, alimentarea unui mare centru consumator din două stații 220/110 kV, în care există un autotransformator de rezervă, în cazul în care este adusă energia electrică prin două linii, din care una de rezervă, poate fi realizată cu un grad de siguranță ridicat, prin schema din figura 1.

Prevederea de stații cu bare duble și bară de transfer sau chiar numai cu bare duble, pentru cerințele ca să se mențină totdeauna în funcțiune o linie de alimentare, *1* sau *2*, și două autotransformatoare, nu s-ar putea justifica, pe considerente de daune datorită nealimentării cu energie electrică a consumatorilor. Eventuala racordare a încă unei linii (sau chiar două) la aceste bare tot nu ar putea determina necesitatea complicării schemei de conexiuni.

Se desprinde ideea că, pentru o rețea construită cu rezerve, nu se justifică și construirea unor stații dezvoltate.

Pentru o mai bună înțelegere a celor afirmate mai sus, se prezintă în cele ce urmează analiza următoarelor probleme :

I — în ce măsură răspund, din punctul de vedere al siguranței, diferitele scheme de conexiuni pentru alimentarea consumatorilor dintr-o anumită regiune a țării (fig. 3) ;

II — în ce măsură, se poate trece la scheme simplificate, (ca aceea din figura 2*b*) în cazul schemelor stațiilor de conexiuni cu bare simple și două plecări (fig. 2*a*).

Metoda de studiu a siguranței folosite în cele ce urmează este expusă în lucrări anterioare [1], [2], [3], [4].

I. Consumatorii *A*—*D* au cel puțin cîte două linii de alimentare din această stație, iar *E* și *F* au a doua alimentare din alte stații ale sistemului ; un autotransformator este suficient pentru a prelua alimentarea consumatorilor (conform directivelor de proiectare).

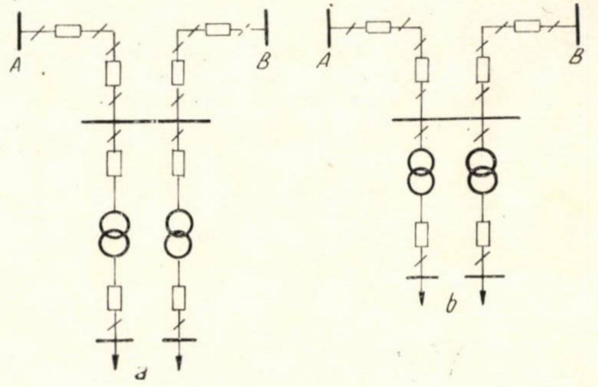


Fig. 2.

Schemele analizate au fost :
— bară simplă secționată și bară de transfer (fig. 4a) ;
— bară dublă, din care una secționată (fig. 4b) ;
— bară dublă și bară de transfer (fig. 4c).

În cazul barei duble secționate nu s-a considerat, în scrierea ecuațiilor, posibilitatea ca un întrerupător defectat să fie șuntat și plecarea respectivă să funcționeze mai departe prin cuplă. Aceasta, cu scopul de a se evidenția numărul necesar al acestui fel de operații, în cazul întrerupătoarelor IUP utilizate la noi.

Datele statistice de siguranțe folosite (intensitate de avarie, de reparare) sînt obținute pe

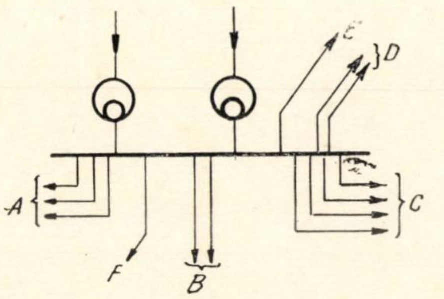


Fig. 3.

baza datelor din exploatare și au fost luate la nivelul lor cel mai scăzut.

Transformatoarele de intensitate, care din datele statistice s-au dovedit cu un grad de

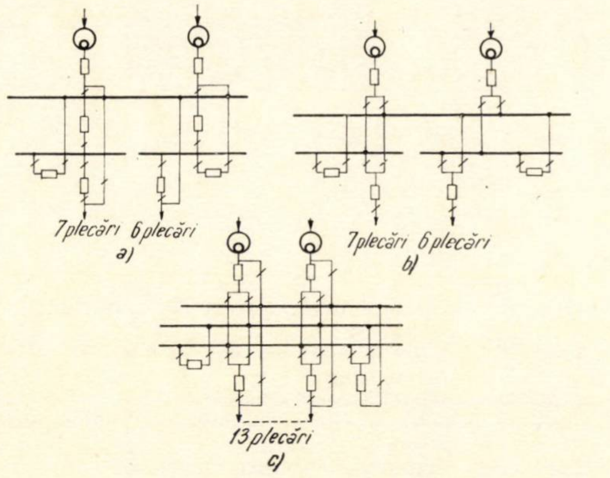


Fig. 4.

siguranță ridicat, pentru simplificarea scrierii, nu au fost luate în considerație.

Schema cu bară simplă secționată și bară de transfer (fig. 4 a)

Siguranța funcționării în intervalul (0,*t*)

starea 0 — funcționarea tuturor elementelor;
starea 1 — defect al unei secțiuni a barelor;
starea 2 — defect al unui separator de bară;
starea 3 — defect al unui separator de linie;
starea 4 — defect al unui întrerupător;
starea 5 — defect al unei secțiuni de bară și al unui întrerupător;
starea 6 — defect al unui separator de bară și al unui întrerupător;
starea 7 — defect a două separatoare de linie;
starea 8 — defect al unui separator de linie și al unui întrerupător;
starea 9 — defect a două întrerupătoare;
starea 10 — starea de refuz.

$$\begin{bmatrix} P'_0 \\ P'_1 \\ P'_2 \\ P'_3 \\ P'_4 \\ P'_5 \\ P'_6 \\ P'_7 \\ P'_8 \\ P'_9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\lambda_0 & \mu_b & \mu_s & \mu_s & \mu_i & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2\lambda_b & -\lambda_1 & 0 & 0 & 0 & \mu_i & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 15\lambda_s & 0 & -\lambda_2 & 0 & 0 & 0 & \mu_i & 0 & 0 & 0 \\ 15\lambda_s & 0 & 0 & -\lambda_3 & 0 & 0 & 0 & 2\mu_s & \mu_i & 0 \\ 15\lambda_i & 0 & 0 & 0 & -\lambda_4 & \mu_b & \mu_s & 0 & \mu_s & 2\mu_i \\ 0 & 8\lambda_i & 0 & 0 & 2\lambda_b & -\lambda_5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 8\lambda_i & 0 & 14\lambda_b & 0 & -\lambda_6 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 13\lambda_s & 0 & 0 & 0 & -\lambda_7 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 14\lambda_i & 14\lambda_s & 0 & 0 & 0 & -\lambda_8 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 14\lambda_i & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_9 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \\ P_5 \\ P_6 \\ P_7 \\ P_8 \\ P_9 \end{bmatrix} \qquad (1)$$

$\lambda_0 = 2\lambda_b + (15\lambda_i + 2\lambda_s)$ $\lambda_3 = \mu_s + \lambda_b + 14\lambda_i + 22\lambda_s$ $\lambda_6 = \mu_i + \mu_s$

$\lambda_1 = \mu_b + \lambda_b + 8\lambda_i + 15\lambda_s$ $\lambda_4 = \mu_i + 2\lambda_b + 14(\lambda_i + 2\lambda_s)$ $\lambda_7 = 2\mu_s$

$\lambda_2 = \mu_s + \lambda_b + 8\lambda_i + 15\lambda_s$ $\lambda_5 = \mu_i + \mu_b$ $\lambda_8 = \mu_i + \mu_s$

$\lambda_9 = 2\mu_i$

$$P_0(0) = 1$$

$$P\{T_f > t\} = \sum_{i=0}^{9} P_i(t)$$

$$M(T_f) = \int_0^\infty \left[\sum_{i=0}^{9} P_i(t)\right] dt$$

Probabilitatea funcționării la un moment oarecare t

starea 0 — funcționarea tuturor elementelor schemei;
starea 1 — defect al unei secțiuni a barelor;
starea 2 — defect al unui separator de bare;
starea 3 — defect al unui separator de linii spre același consumator;
starea 4 — defect al unui separator de linie;
starea 5 — defect al unui întrerupător;
starea 6 — defect al unei secțiuni de bară și al unui separator de linie;
starea 7 — defect al unei secțiuni de bare și al unui întrerupător;
starea 8 — defect al unui separator de bare și al unui separator de linie;
starea 9 — defect al unui separator de bare și al unui întrerupător;
starea 10 — defect la două separatoare de linie;
starea 11 — defect al unui separator de linie și al unui întrerupător;
starea 12 — defect la două întrerupătoare;
starea 13 — defect la cele două secțiuni de bare;
starea 14 — defect al unei secțiuni de bare și al unui separator de bară;
starea 15 — defect al unei secțiuni de bară și al unui separator de linie;
starea 16 — defect la două separatoare de bară;
starea 17 — defect al unui separator de bară și al unui separator de linie;
starea 18 — defect a două separatoare de linii spre același consumator.

$$\text{Starea de succes: } \bigcup_{j=0}^{12} j$$

Starea de întrerupere completă: 13 U 14 U 16.

Se obține sistemul de ecuații (2), care, integrat cu condiția inițială $P_0(0) = 1$, permite să se determine:

$$P(t) = \sum_{i=0}^{12} P_i(t)$$

Notînd:

$M[\nu(t)]$ — numărul mediu al refuzurilor în intervalul $(0,t)$;
$M[\nu'(t)]$ — numărul mediu al întreruperilor totale în intervalul $(0,t)$,

rezultă :

$$\lim_{t\to\infty}\frac{M\,[\nu\,(t)]}{t} = (\lambda_b + 15\,\lambda_s)\,(P_1 + P_2) + (\lambda_b + 9\,\lambda_s)\,P_3$$

$$\lim_{t\to\infty}\frac{M\,[\nu'\,(t)]}{t} = (\lambda_b + 8\,\lambda_s)\,(P_1 + P_2).$$

Schema cu dublu sistem de bare (un sistem secționat)

Siguranța funcționării în intervalul (0, t).

starea 0 — funcționarea tuturor elementelor;
starea 1 — defect al unei secțiuni de bare;
starea 2 — defect al unui separator de bare;
starea 3 — defect al unui separator de linie;
starea 4 — defect al unui întrerupător;
starea 5 — defect al celor două secțiuni de bare;

$$\begin{bmatrix} P'_0\\ P'_1\\ P'_2\\ P'_3\\ P'_4\\ P'_5\\ P'_6\\ P'_7\\ P'_8\\ P'_9\\ P'_{10}\\ P'_{11}\\ P'_{12}\\ P'_{13}\\ P'_{14}\\ P'_{15}\\ P'_{16}\\ P'_{17}\\ P'_{18} \end{bmatrix} = \left[\begin{array}{ccccccccccccccccccc}
-\lambda_0 & \mu_b & \mu_s & \mu_s & \mu_s & \mu_i & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
2\lambda_b & -\lambda_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mu_s & \mu_i & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2\mu_b & \mu_s & \mu_s & 0 & 0 & 0\\
15\lambda_s & 0 & -\lambda_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mu_s & \mu_i & 0 & 0 & 0 & 0 & \mu_b & 0 & 2\mu_s & \mu_s & 0\\
6\lambda_s & 0 & 0 & -\lambda_3 & 0 & 0 & \mu_b & 0 & \mu_s & 0 & \mu_s & \mu_i & 0 & 0 & 0 & \mu_b & 0 & \mu_s & \mu_s\\
9\lambda_s & 0 & 0 & 0 & -\lambda_4 & 0 & \mu_b & 0 & \mu_s & 0 & \mu_s & \mu_i & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
15\lambda_i & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_5 & 0 & \mu_b & 0 & \mu_s & 0 & \mu_s & 2\mu_i & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 0 & 0 & \lambda_b & 2\lambda_b & 0 & -\lambda_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 8\lambda_i & 0 & 0 & 0 & 2\lambda_b & 0 & -\lambda_7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 0 & 0 & 7\lambda_s & 14\lambda_s & 0 & 0 & 0 & -\lambda_8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 0 & 8\lambda_i & 0 & 0 & 14\lambda_s & 0 & 0 & 0 & -\lambda_9 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 0 & 0 & 13\lambda_s & 14\lambda_s & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{10} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 0 & 0 & 14\lambda_i & 14\lambda_i & 14\lambda_s & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 14\lambda_i & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & \lambda_b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{13} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 8\lambda_s & \lambda_b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{14} & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 7\lambda_s & 0 & \lambda_b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{15} & 0 & 0 & 0\\
0 & 0 & 8\lambda_s & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{16} & 0 & 0\\
0 & 0 & 7\lambda_s & 8\lambda_s & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{17} & 0\\
0 & 0 & 0 & \lambda_s & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{18}
\end{array}\right] \cdot \begin{bmatrix} P_0\\ P_1\\ P_2\\ P_3\\ P_4\\ P_5\\ P_6\\ P_7\\ P_8\\ P_9\\ P_{10}\\ P_{11}\\ P_{12}\\ P_{13}\\ P_{14}\\ P_{15}\\ P_{16}\\ P_{17}\\ P_{18} \end{bmatrix} \tag{2}$$

$\lambda_0 = 2\lambda_b + 15\lambda_i + 30\lambda_s$
$\lambda_1 = \mu_b + 8\lambda_i + \lambda_b + 15\lambda_s$
$\lambda_2 = \mu_s + 8\lambda_i + \lambda_b + 15\lambda_s$
$\lambda_3 = \mu_s + 2\lambda_b + 14\lambda_i + 29\lambda_s$
$\lambda_4 = \mu_s + 2\lambda_b + 14\lambda_i + 28\lambda_b$
$\lambda_5 = \mu_i + 2\lambda_b + 14\lambda_i + 28\lambda_s$
$\lambda_6 = \mu_s + 2\mu_b$
$\lambda_7 = \mu_i + \mu_b$
$\lambda_8 = 3\mu_s$
$\lambda_9 = \mu_i + \mu_s$
$\lambda_{10} = 2\mu_s$
$\lambda_{11} = 2\mu_i + \mu_s$
$\lambda_{12} = 2\mu_i$
$\lambda_{13} = 2\mu_b$
$\lambda_{14} = \mu_s + \mu_b$
$\lambda_{15} = \mu_s + \mu_b$
$\lambda_{16} = 2\mu_s$
$\lambda_{17} = 2\mu_s$
$\lambda_{18} = 2\mu_s$
$P_0\,(0) = 1$

Notînd :

$M[\alpha(t)]$ — durata medie totală a stării de succes în intervalul $(0,t)$;

$M[\beta(t)]$ — durata medie totală a stării de refuz în intervalul $(0,t)$;

$M[\beta'(t)]$ — durata medie totală a întreruperilor complete în intervalul $(0,t)$,

rezultă :

$$\lim_{t\to\infty}\frac{M\,[\alpha(t)]}{t} = \sum_{i=0}^{12} P_i$$

$$\lim_{t\to\infty}\frac{M\,[\beta(t)]}{t} = \sum_{i=13}^{18} P_i$$

$$\lim_{t\to\infty}\frac{M\,[\beta'(t)]}{t} = P_{13} + P_{14} + P_{16}.$$

Notînd :

$M[n\,(t)]$ — numărul mediu al avariilor simultane de două întrerupătoare, în intervalul $0,t)$,

rezultă :

$$\lim_{t\to\infty}\frac{M\,[n\,(t)]}{t} = 14\lambda_i P_5$$

starea 6 — defect al unei secțiuni de bare și al unui separator;
starea 7 — defect al unei secțiuni de bare și al unui întrerupător;
starea 8 — defect la două separatoare;
starea 9 — defect al unui separator și al unui întrerupător;
starea 10 — defect la două întrerupătoare;
starea 11 — starea de refuz.

Se obține sistemul de ecuații (3):

$$P\,\{T_b > t\} = \sum_{i=0}^{10} P_i\,(t).$$

Probabilitatea funcționării la un moment oarecare t.

starea 0 — funcționarea tuturor elementelor;
starea 1 — defect al unei secțiuni de bare;
starea 2 — defect al unui separator de bare linii spre același consumator;
starea 3 — defect al unui separator de bare;
starea 4 — defect al unui separator de linii spre același consumator;
starea 5 — defect al unui separator de linie;
starea 6 — defect al unui întrerupător de linii spre același consumator;
starea 7 — defect al unui întrerupător;
starea 8 — defect la cele două secțiuni de bare;
starea 9 — defect al unei secțiuni de bare și al unui separator;
starea 10 — defect al unei secțiuni de bare și al unui întrerupător;
starea 11 — defect la două separatoare;
starea 12 — defect al unui separator și al unui întrerupător;

starea 13 — defect la două întrerupătoare;
starea 14 — defect la două întrerupătoare de celule spre același consumator;
starea 15 — defect la două separatoare de celule spre același consumator;
starea 16 — defect al unui separator și întrerupător de celule spre același consumator.

Starea de succes : $\bigcup_{j=0}^{13} j$.

Se obține sistemul de ecuații (4):

$$P(t) = \sum_{i=0}^{13} P_i(t).$$

Notînd:

$M[\nu(t)]$ — numărul mediu al refuzurilor în intervalul $(0,t)$;

$M[\nu'(t)]$ — numărul mediu al avariilor de întrerupător în intervalul $(0,t)$,

rezultă:

$$\lim_{t\to\infty} \frac{M[\nu(t)]}{t} = \lambda_i P_6 + 2\lambda_s (P_2 + P_4) + \lambda_i (P_2 + P_4) + 2\lambda_s P_6;$$

$$\lim_{t\to\infty} \frac{M[\nu'(t)]}{t} = 15\lambda_i (P_0 + P_1) + 14\lambda_i (P_2 + P_3 + P_4 + P_5) + 14\lambda_i (P_6 + P_7).$$

Notînd:

$M[\alpha(t)]$ — durata medie totală a stării de succes în intervalul $(0,t)$;

$M[\beta(t)]$ — durata medie totală a stării de refuz în intervalul $(0,t)$,

rezultă:

$$\lim_{t\to\infty} \frac{M[\alpha(t)]}{t} = \sum_{i=0}^{13} P_i;$$

$$\lim_{t\to\infty} \frac{M[\beta(t)]}{t} = P_{14} + P_{15} + P_{16}$$

Schema cu dublu sistem de bare și bară de transfer

Siguranța funcționării în intervalul $(0,t)$

starea 0 — funcționarea tuturor elementelor;
starea 1 — defect al unui sistem de bare;
starea 2 — defect al unui separator de bare;
starea 3 — defect al unui separator de linie;
starea 4 — defect al unui întrerupător;
starea 5 — defect al unui sistem de bare și al unui întrerupător;

$$\begin{bmatrix} P'_0 \\ P'_1 \\ P'_2 \\ P'_3 \\ P'_4 \\ P'_5 \\ P'_6 \\ P'_7 \\ P'_8 \\ P'_9 \\ P'_{10} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\lambda_0 & \mu_b & \mu_s & \mu_s & \mu_i & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2\lambda_b & -\lambda_1 & 0 & 0 & 0 & 2\mu_b & \mu_s & \mu_i & 0 & 0 & 0 \\ 13\lambda_s & 0 & -\lambda_2 & 0 & 0 & 0 & \mu_b & 0 & \mu_s & \mu_i & 0 \\ 13\lambda_s & 0 & 0 & -\lambda_3 & 0 & 0 & \mu_b & 0 & \mu_s & \mu_i & 0 \\ 13\lambda_i & 0 & 0 & 0 & -\lambda_4 & 0 & 0 & \mu_b & 0 & \mu_s & 2\mu_i \\ 0 & \lambda_b & 0 & 0 & 0 & -\lambda_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 20\lambda_s & \lambda_b & 2\lambda_b & 0 & 0 & -\lambda_6 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 13\lambda_i & 0 & 0 & 2\lambda_b & 0 & 0 & -\lambda_7 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 17\lambda_s & 22\lambda_s & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_8 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 11\lambda_i & 11\lambda_i & 22\lambda_s & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_9 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 11\lambda_i & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{10} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \\ P_5 \\ P_6 \\ P_7 \\ P_8 \\ P_9 \\ P_{10} \end{bmatrix} \quad (3)$$

$\lambda_0 = 2\lambda_b + 13\lambda_i + 26\lambda_s$
$\lambda_1 = \mu_b + \lambda_b + \lambda_i + 20\lambda_s$
$\lambda_2 = \mu_s + \lambda_b + 12\lambda_i + 19\lambda_s$
$\lambda_3 = \mu_s + 2\lambda_b + 12\lambda_i + 24\lambda_s$
$\lambda_4 = \mu_i + 2\lambda_b + 12\lambda_i + 24\lambda_s$
$\lambda_5 = 2\mu_b$
$\lambda_6 = \mu_s + 2\mu_b$
$\lambda_7 = \mu_i + \mu_b$
$\lambda_8 = 2\mu_s$
$\lambda_9 = 2\mu_i + \mu_s$
$\lambda_{10} = 2\mu_i$
$P_0(0) = 1$

$$P\{T_f > t\} = \sum_{i=0}^{10} P_i(t)$$

starea 6 — defect al unui sistem de bare și al unui separator de linie;
starea 7 — defect al unui separator și întrerupător;
starea 8 — defect la două separatoare;
starea 9 — defect la două întrerupătoare;
starea 10 — starea de refuz.

Se obține sistemul de ecuații (5):

$$P\{T_f > t\} = \sum_{i=0}^{9} P_i(t)$$

Probabilitatea funcționării la un moment oarecare t

starea 0 — funcționarea tuturor elementelor;
starea 1 — defect al unui sistem de bare;
starea 2 — defect al unui separator de bare;
starea 3 — defect al unui separator de linii spre același consumator;
starea 4 — defect al unui separator de linie;
starea 5 — defect al unui întrerupător;
starea 6 — defect al unui sistem de bare și al unui separator de linie;
starea 7 — defect al unui sistem de bare și al unui întrerupător;
starea 8 — defect al unui separator de bară și al unui separator de linie;
starea 9 — defect la două separatoare de linie;
starea 10 — defect al unui separator și al unui întrerupător;

starea 11 — defect la două întrerupătoare;
starea 12 — defect la cele două sisteme de bare;
starea 13 — defect al unui sistem de bare şi al unui separator de bare;
starea 14 — defect la două separatoare de bară;

Notînd:

$M[\nu(t)]$ — numărul mediu al refuzurilor în intervalul $(0,t)$;

$$
\begin{bmatrix} P'_0\\ P'_1\\ P'_2\\ P'_3\\ P'_4\\ P'_5\\ P'_6\\ P'_7\\ P'_8\\ P'_9\\ P'_{10}\\ P'_{11}\\ P'_{12}\\ P'_{13}\\ P'_{14}\\ P'_{15}\\ P'_{16} \end{bmatrix}
=
\begin{bmatrix}
-\lambda_0 & \mu_b & \mu_s & \mu_s & \mu_s & \mu_s & \mu_i & \mu_i & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
2\lambda_b & -\lambda_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2\mu_b & \mu_s & \mu_i & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
6\lambda_s & 0 & -\lambda_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mu_b & 0 & \mu_s & \mu_i & 0 & 0 & \mu_s & \mu_i\\
9\lambda_s & 0 & 0 & -\lambda_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mu_b & 0 & \mu_s & \mu_i & 0 & 0 & 0 & 0\\
6\lambda_s & 0 & 0 & 0 & -\lambda_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mu_b & 0 & \mu_s & \mu_i & 0 & 0 & \mu_s & \mu_i\\
9\lambda_s & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_5 & 0 & 0 & 0 & \mu_b & 0 & \mu_s & \mu_i & 0 & 0 & 0 & 0\\
6\lambda_i & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_6 & 0 & 0 & 0 & \mu_b & 0 & \mu_s & \mu_i & 2\mu_i & 0 & \mu_s\\
9\lambda_i & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_7 & 0 & 0 & \mu_b & 0 & \mu_s & \mu_i & 0 & 0 & 0\\
0 & \lambda_b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 23\lambda_s & \lambda_b & \lambda_b & 2\lambda_b & 2\lambda_b & 0 & 0 & 0 & -\lambda_9 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 15\lambda_i & 0 & 0 & 0 & 0 & 2\lambda_b & 2\lambda_b & 0 & 0 & -\lambda_{10} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 0 & 26\lambda_s & 28\lambda_s & 26\lambda_s & 28\lambda_s & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 0 & 13\lambda_i & 14\lambda_i & 13\lambda_i & 14\lambda_i & 26\lambda_s & 28\lambda_s & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{12} & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 13\lambda_i & 14\lambda_i & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{13} & 0 & 0 & 0\\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_i & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{14} & 0 & 0\\
0 & 0 & 2\lambda_s & 0 & 2\lambda_s & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{15} & 0\\
0 & 0 & \lambda_i & 0 & \lambda_i & 0 & 2\lambda_s & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{16}
\end{bmatrix}
\cdot
\begin{bmatrix} P_0\\ P_1\\ P_2\\ P_3\\ P_4\\ P_5\\ P_6\\ P_7\\ P_8\\ P_9\\ P_{10}\\ P_{11}\\ P_{12}\\ P_{13}\\ P_{14}\\ P_{15}\\ P_{16} \end{bmatrix}
\quad (1)
$$

$\lambda_0 = 2\lambda_b + 15\lambda_i + 30\lambda_s$
$\lambda_1 = \mu_b + \lambda_b + 15\lambda_i + 23\lambda_s$
$\lambda_2 = \mu_s + \lambda_b + 14\lambda_i + 28\lambda_s$
$\lambda_3 = \mu_s + \lambda_b + 14\lambda_i + 28\lambda_s$
$\lambda_4 = \mu_s + 2\lambda_b + 14\lambda_i + 28\lambda_s$
$\lambda_5 = \mu_s + 2\lambda_b + 14\lambda_i + 28\lambda_s$
$\lambda_6 = \mu_s + 2\lambda_b + 14\lambda_i + 28\lambda_s$
$\lambda_7 = \mu_i + 2\lambda_b + 14\lambda_i + 28\lambda_s$
$\lambda_8 = 2\mu_b$
$\lambda_9 = \mu_s + 4\mu_b$
$\lambda_{10} = \mu_i + 2\mu_b$
$\lambda_{11} = 4\mu_s$
$\lambda_{12} = 4\mu_i + 2\mu_s$
$\lambda_{13} = 2\mu_i$
$\lambda_{14} = 2\mu_i$
$\lambda_{15} = 2\mu_s$
$\lambda_{16} = 2\mu_i + \mu_s$
$P_0(0) = 1$

starea 15 — defect la două separatoare linie spre acelaşi consumator

$$\text{Starea de succes: } \bigcup_{j=0}^{11} j$$

Starea de întrerupere completă: 12U 13 $\cup$ 14.

$$
\begin{bmatrix} P'_0\\ P'_1\\ P'_2\\ P'_3\\ P'_4\\ P'_5\\ P'_6\\ P'_7\\ P'_8\\ P'_9 \end{bmatrix}
=
\begin{bmatrix}
-\lambda_0 & \mu_b & \mu_s & \mu_s & \mu_i & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
2\lambda_b & -\lambda_1 & 0 & 0 & 0 & \mu_i & \mu_s & 0 & 0 & 0\\
15\lambda_s & 0 & -\lambda_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mu_i & \mu_s & 0\\
15\lambda_s & 0 & 0 & -\lambda_3 & 0 & 0 & \mu_b & \mu_i & \mu_s & 0\\
15\lambda_i & 0 & 0 & 0 & -\lambda_4 & \mu_b & 0 & \mu_s & 0 & 2\mu_i\\
0 & 15\lambda_i & 0 & 0 & 2\lambda_b & -\lambda_5 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 15\lambda_s & 0 & 2\lambda_b & 0 & 0 & -\lambda_6 & 0 & 0 & 0\\
0 & 0 & 14\lambda_i & 14\lambda_i & 28\lambda_s & 0 & 0 & -\lambda_7 & 0 & 0\\
0 & 0 & 22\lambda_s & 27\lambda_s & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_8 & 0\\
0 & 0 & 0 & 14\lambda_i & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_9
\end{bmatrix}
\cdot
\begin{bmatrix} P_0\\ P_1\\ P_2\\ P_3\\ P_4\\ P_5\\ P_6\\ P_7\\ P_8\\ P_9 \end{bmatrix}
\quad (5)
$$

$\lambda_0 = 2\lambda_b + 15\lambda_i + 30\lambda_s$
$\lambda_1 = \mu_b + \lambda_b + 15\lambda_i + 23\lambda_s$
$\lambda_2 = \mu_s + \lambda_b + 14\lambda_i + 30\lambda_s$
$\lambda_3 = \mu_s + 2\lambda_b + 14_i + 28\lambda_s$
$\lambda_4 = \mu_i + 2\lambda_b + 14\lambda_i + 28\lambda_s$
$\lambda_s = \mu_i + \mu_b$
$\lambda_6 = \mu_s + \mu_b$
$\lambda_7 = 2\mu_i + \mu_s$
$\lambda_8 = 2\mu_s$
$\lambda_9 = 2\mu_i$
$P_0(0) = 1$

Se obţine sistemul de ecuaţii (6):

$$P(t) = \sum_{i=0}^{11} P_i(t).$$

$M[\nu'(t)]$ — numărul mediu al întreruperilor totale în intervalul $(0,t)$,

rezultă:

$$\lim_{t\to\infty} \frac{M[\nu(t)]}{t} = (\lambda_b + 8\lambda_s)(P_1 + P_2) + \lambda_s P_3;$$

$$\lim_{t\to\infty} \frac{M[\nu'(t)]}{t} = (\lambda_b + 8\lambda_s)(P_1 + P_2).$$

Notînd:

$M[\alpha(t)]$ — durata medie totală a stării de succes în intervalul $(0,t)$;

$M[\beta(t)]$ — durata medie totală a stării de refuz în intervalul $(0,t)$;

$M[\beta'(t)]$ — durata medie totală a întreruperilor complete în intervalul $(0,t)$,

rezultă:

$$\lim_{t\to\infty} \frac{M[\alpha(t)]}{t} = \sum_{i=0}^{11} P_i\ ; \quad \lim_{t\to\infty} \frac{M[\beta(t)]}{t} =$$

$$= P_{12} + P_{13} + P_{14} + P_{15};$$

$$\lim_{t\to\infty} \frac{M\,[\beta'(t)]}{t} =$$

$$= P_{12} + P_{13} + P_{14};$$

variante (cu bare duble, secționată una) se ia în considerare posibilitatea folosirii cuplei transversale ca rezervă pentru întrerupător, durata acesteia ar fi susceptibilă de modificări.

3) Din considerente de exploatare se constată că, deoarece, pe de o parte, intensitatea de avariere este mai mare la întrerupătoare

$$\begin{bmatrix} P'_0 \\ P'_1 \\ P'_2 \\ P'_3 \\ P'_4 \\ P'_5 \\ P'_6 \\ P'_7 \\ P'_8 \\ P'_9 \\ P'_{10} \\ P'_{11} \\ P'_{12} \\ P'_{13} \\ P'_{14} \\ P'_{15} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\lambda_0 & \mu_b & \mu_s & \mu_s & \mu_s & \mu_i & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2\lambda_b & -\lambda_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mu_s & \mu_i & 0 & 0 & 0 & 0 & 2\mu_b & \mu_s & 0 & 0 \\ 15\lambda_s & 0 & -\lambda_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mu_s & 0 & 0 & 0 & 0 & \mu_b & 2\mu_s & 0 \\ 6\lambda_s & 0 & 0 & -\lambda_3 & 0 & 0 & \mu_b & 0 & \mu_s & \mu_s & \mu_i & 0 & 0 & 0 & 0 & 2\mu_s \\ 9\lambda_s & 0 & 0 & 0 & -\lambda_4 & 0 & \mu_b & 0 & \mu_s & \mu_s & \mu_i & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 15\lambda_i & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_5 & 0 & \mu_b & 0 & 0 & \mu_s & 2\mu_i & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 15\lambda_s & 0 & 2\lambda_b & 2\lambda_b & 0 & -\lambda_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 15\lambda_i & 0 & 0 & 0 & 2\lambda_b & 0 & -\lambda_7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 14\lambda_s & 14\lambda_s & 14\lambda_s & 0 & 0 & 0 & -\lambda_8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 13\lambda_s & 14\lambda_s & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_9 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 14\lambda_i & 14\lambda_i & 14\lambda_i & 28\lambda_s & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{10} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 14\lambda_i & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{12} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 8\lambda_s & \lambda_b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{13} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 8\lambda_s & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{14} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_s & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{15} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \\ P_5 \\ P_6 \\ P_7 \\ P_8 \\ P_9 \\ P_{10} \\ P_{11} \\ P_{12} \\ P_{13} \\ P_{14} \\ P_{15} \end{bmatrix} \qquad (6)$$

$\lambda_0 = 2\lambda_b + 15\lambda_i + 30\lambda_s$

$\lambda_1 = \mu_b + \lambda_b + 15\lambda_i + 23\lambda_s$

$\lambda_2 = \mu_s + \lambda_b + 14\lambda_i + 22\lambda_s$

$\lambda_3 = \mu_s + 2\lambda_b + 14\lambda_i + 28\lambda_s$

$\lambda_4 = \mu_s + 2\lambda_b + 14\lambda_i + 28\lambda_s$

$\lambda_5 = \mu_i + 2\lambda_b + 14\lambda_i + 28\lambda_s$

$\lambda_6 = \mu_s + 2\mu_b$

$\lambda_7 = \mu_i + \mu_b$

$\lambda_8 = 3\mu_s$

$\lambda_9 = 2\mu_s$

$\lambda_{10} = 2\mu_i + \mu_s$

$\lambda_{11} = 2\mu_i$

$\lambda_{12} = 2\mu_b$

$\lambda_{13} = \mu_s + \mu_b$

$\lambda_{14} = 2\mu_s$

$\lambda_{15} = 2\mu_s$

$P_0(0) = 1$

Din analiza rezultatelor obținute (tabela 1) se desprind următoarele concluzii :

1) În ordinea siguranței în funcționare, eșalonarea schemelor este :

a) bară dublă și bară de transfer ;

b) bară simplă secționată și bară de transfer ;

c) bară dublă, din care una secționată.

2) Toate cele trei scheme examinate prezintă însă un grad de siguranță deosebit de ridicat. Astfel :

— numărul de întreruperi probabile în alimentare este în toate cazurile sub 0,1 întreruperi/an, considerat ca admisibil pentru centre de importanță republicană și întreruperi de lungă durată (Proiect de standard privind siguranța în funcționare elaborat de firma Edison-Detroit) ;

— durata totală de întrerupere este practic aceeași în cazul ambelor scheme cu bară de transfer și apare mult mai mare în cazul barei duble secționate. Dacă în cazul acestei ultime decît la bare și separatoare, iar, pe de altă parte, intensitatea de reparare este mai mică la întrerupătoare decît la celelalte elemente, în cazul schemelor care au mai mult de două secțiuni de bare (sau bare) *este de preferat schema cu bară de transfer schemei cu a doua bară.*

Astfel :

— defecte duble de întrerupătoare care conduc la starea de refuz au o probabilitate de 0,003736 în cazul schemei cu bare duble secționate și, evident, nulă în cazul schemei cu bară de transfer ;

— defecte duble de bare sau bară și separator de plecare care conduc la refuz în cazul schemei cu bară simplă și transfer totalizează o probabilitate de 0,000036.

4) O analiză a utilității barei de transfer este făcută în legătură cu schema cu bare secționate, din care rezultă că :

— utilizarea cuplei și a barei de transfer este de ordinul a 11 ori pe an (numărul avariilor simple de întrerupător este ∼ 111 în 10 ani);

— numărul total de avarii duble de întrerupător (și al celor care conduc la refuz și al celor care nu conduc la refuz) este de 1 pe an;

— în condițiile concrete ale stației analizate, în decurs de 10 ani, se întrevede posibilitatea apariției a 0,38 stări de refuz prin coincidența defectării a două întrerupătoare aferente unui aceluiași consumator.

Rezultă că, în condițiile energetice impuse stației analizate și pentru caracteristicile de siguranță ale aparatajului din R. S. România, este suficientă adoptarea unei scheme cu bare simple secționate și bară de transfer, cu dispunerea simetrică a surselor și consumatorilor pe cele două bare.

Se desprinde din analiză și concluzia că, pentru întrerupătoare superioare din punctul de vedere al siguranței celor existente în sistem în prezent și pentru care repararea s-ar realiza în timpi mai scurți, trebuie examinată schema cu bare duble, din care una secționată, și chiar schema cu bară simplă secționată.

Tabela 1

Indicator analizat	Bară simplă secționată și bară de transfer	Bară dublă, secționată una	Bară dublă și bară de transfer
Durata funcționării neîntrerupte pînă la primul refuz (ore)	85872	49177	224017
Durata totală de alimentare a consumatorilor (în 10 ani) (ore)	87596,8	87586,7	87598,5
Durata totală de nealimentare în 10 ani:			
— prin întreruperi parțiale	3,2	13,3	1,5
— prin întreruperi totale (ore)	1,4	—	1,36
Număr probabil de întreruperi (în 10 ani):			
— parțiale	0,803	0,852	0,36
— totale	0,349	—	0,34
Număr de defecte de întrerupătoare:			
— simple		107,26	
— duble		10,57	
Probabilitatea nealimentării consumatorilor datorită:			
— avarii simple	—	—	—
— avarii duble cu căderea ambelor bare	0,000016	—	0,000016
— avarii duble de bară și separator de plecare	0,000020	—	—
— avarii duble de întrerupătoare	0,003859	0,003736	0,003848

Tabela 2

	Schema *a*	Schema *b*
Asigurarea tranzitului		
Durata medie de asigurare a tranzitului pînă la primul defect, abstracție făcînd de întreruperile de manevră de natură aleatorie	1157 ore	1217 ore
Durata medie de asigurare a tranzitului pînă la primul defect, considerînd și întreruperile de manevră de natură aleatorie	945 ore	890 ore
Durata medie de realizare a tranzitului, abstracție făcînd de întreruperile de manevră de natură aleatorie ($t = 10$ ani)	86 759 ore	86 778 ore
Numărul mediu al întreruperilor tranzitului datorită întreruperilor de manevră de natură aleatorie ($t = 10$ ani)	∼1,57	∼2,58
Alimentarea consumatorilor		
Durata medie de funcționare pînă la primul defect, abstracție făcînd de întreruperile de manevră de natură aleatorie		
$n_1 = 5$;	21 110 ore	5597 ore
$n_2 = 10$	16 888 ore	4818 ore
Durata medie de funcționare pînă la primul refuz, considerînd și întreruperile de manevră de natură aleatorie		
$n_1 = 5$;	1619 ore	1477 ore
$n_2 = 10$	1600 ore	1474 ore
Durata medie de alimentare a consumatorilor, abstracție făcînd de întreruperile de manevră de natură aleatorie ($t = 10$ ani)		
$n_1 = 5$;	87 530 ore	87 500 ore
$n_2 = 10$	87 450 ore	87 420 ore
Durata medie de defect, abstracție făcînd de întreruperile de manevră de natură aleatorie ($t = 10$ ani)		
$n_1 = 5$;	70 ore	100 ore
$n_2 = 10$	150 ore	180 ore
Numărul mediu al întreruperilor de manevră de natură aleatorie într-un interval ($t = 10$ ani)		
$n_1 = 5$;	∼4,8	∼4,25
$n_2 = 10$	∼4,9	∼4,26

Se constată că, în condițiile energetice considerate :

— se poate construi o stație cu bare simple (deși are mai mult de trei plecări);

— deși numărul de plecări este considerabil (13) nu apare justificată construcția unei stații cu trei bare (bare duble și transfer), așa cum este uzual ; alegerea între o schemă cu bară dublă secționată și bară simplă secționată și bară de transfer este în funcție de calitatea aparatajului.

II. Schemele reprezentate în figura 2*a* și 2*b* au fost comparate din două puncte de vedere :

— al asigurării tranzitului dintre punctele *A* și *B*;

— al asigurării consumatorului alimentat.

O a treia schemă, în care s-ar renunța la întrerupătoarele de pe linie, nu se analizează, deoarece ea apare mai puțin sigură din punctul de vedere al alimentării consumatorului (avariile pe linii sînt mai frecvente decît cele în transformatoare) și conduce la complicații în realizarea protecției și a automatizărilor.

Folosind aceeași metodă de investigație, considerînd că la consumator schema este cu bare simple — prevăzute fiecare cu *n* plecări — și analizînd o perioadă de 10 ani (pentru a concorda cu durata normată de apreciere a eficienței investițiilor), rezultă indicatorii redați în tabela 2.

Din analiza datelor se constată că :

— din punctul de vedere al tranzitului, schema *a* este mai bună (numărul de întreruperi fiind de 0,16 pe an față de 0,26 pe an în cazul schemei *b*). În cazul în care între *A* și *B* mai există și alte linii de legătură, situație aproape generală, această diferență este însă neesențială ;

— din punctul de vedere al alimentării consumatorilor, schema *a* asigură o reducere a perioadei de nealimentare (în cazul în care nu se consideră întreruperile de manevră de natură aleatorie) cu aproximativ 30%. Plusul de aparate din schema *a*, cu caracteristicile lor reduse de siguranță, mărește însă probabilitatea întreruperii barelor, ceea ce face ca, din punctul de vedere al numărului de întreruperi a alimentării consumatorilor (ținînd seamă de întreruperile de manevră de natură aleatorie), cele două scheme să fie practic echivalente.

Rezultă, din cele de mai sus, că domeniul de utilizare a schemei *b* este larg.

*

Datele prezentate au ca scop de a pune în discuție oportunitatea simplificării constructive a schemelor de conexiuni, luînd în considerație structura sistemului în zona de racordare a acestora, pe criterii de siguranță în funcționare.

Rezultă că pot fi utilizate, chiar în cazul nodurilor cu multe plecări, scheme cu bare simple secționate cu bară de transfer, scheme cu bare duble, din care una secționată ; că schemele cu bare duble și bară de transfer au un domeniu restrîns de utilizare în condițiile unor rețele buclate sau cu elemente de rezervă.

Problema are importante consecințe economice și este deosebit de actuală în legătură cu necesitatea reducerii suprafețelor afectate stațiilor, a reducerii aparatajului din import.

Bibliografie

[1] Nitu, V. I., Albert, H., Brădescu, M. *O nouă metodă de calcul a siguranței funcționării schemelor electrice.* Energetica nr. 12, 1965.

[2] Nitu, V. I., Albert, H., Brădescu, M. *Metodă generală de studiu a siguranței funcționării complexelor energetice.* Studii și cercetări energetice nr. 2, 1968.

[3] Nitu, V. I., Albert, H., Brădescu, M. *Metode statistico-probabilistice utilizate în energetică.* Editura Tehnică, 1968.

[4] Albert, H., Brădescu, M. *Nouă metodă pentru evaluarea siguranței de funcționare a sistemului electric, privind calculul probabilităților.* Certificat de inovator nr. 351 R. S. România.

(Articol intrat în redacție la 18 iunie 1968)

Diametrul ţevii de distribuţie a apei în turnul de răcire

Ing. C. I. Staicu *)

Pentru răcirea în curent de aer a apei de răcire, care circulă în circuit închis într-o instalaţie industrială sau centrală termoelectrică, se folosesc turnurile de răcire. Cu ele se asigură temperatura de lucru a apei înainte de fiecare revenire în instalaţie.

În componenţa unui turn de răcire intră: coşul de tiraj, dispozitivele de distribuţie şi de împrăştiere, bazinul colector de apă răcită şi diverse accesorii.

După ieşirea din instalaţia industrială, apa caldă este pompată, prin conductele de aducţiune, în jgheaburile de distribuţie, iar prin ţevile de distribuţie apa este condusă la rozete, care o împrăştie pe grătar; de aici, curge sub formă de picături sau pelicule, întîlnind aerul care circulă în curent ascendent, şi se colectează în bazinul turnului.

În cele ce urmează se prezintă o formulă raţională pentru calculul diametrului ţevilor de distribuţie.

1. Sistemul fizic

Debitul total de apă caldă se distribuie pe întreaga suprafaţă de jgheaburi realizată în turnul de răcire. Pentru un debit de apă raportat la unitatea de suprafaţă G (kgf/m$^2\cdot$h), distribuită în turn, va rezulta în jgheaburi un strat de apă cu înălţimea h. Evacuarea apei către grătare se realizează prin ţevi de distribuţie cu diametrul d, fiecare ţeavă evacuînd apa de pe suprafaţa s.

Scurgerea apei din jgheaburi este condiţionată şi de calitatea prelucrării muchiilor de intrare a apei în orificiile practicate în jgheaburi, reprezentată prin coeficientul de debit.

Natura lichidului, a apei, este reprezentată prin greutatea specifică γ, iar influenţa locului, prin acceleraţia gravitaţiei g.

Din toate acestea rezultă funcţia mărimilor care au fost utilizate la descrierea acestui sistem fizic:

$$f\,(G,\ \gamma,\ s,\ h,\ d,\ g,\ \mu) = 0. \qquad (1)$$

Între cele $m^* = 6$ mărimi dimensionale şi μ există legături de dependenţă univocă; forma relaţiei de legătură rezultată de asemenea din studiul sistemului fizic este următoarea:

$$d = k\,\frac{f_1\,(G,\ s)}{f_2\,(\gamma,\ h,\ g,\ \mu)}. \qquad (2)$$

În cele ce urmează se propune stabilirea funcţiilor f_1 şi f_2 şi a factorului numeric k, din (2), astfel încît să se dispună de o relaţie raţională. În acest scop se va utiliza analiza dimensională.

2. Stabilirea relaţiei

2.1. *Exponenţii de mărime*

În conformitate cu teorema fundamentală a analizei dimensionale generale [4], relaţia (2) se scrie sub forma:

$$d^a\,\gamma^b\,h^c\,g^e = k G^i\,s^j, \qquad (3)$$

în care $a, b, c, e, \ldots$ sînt exponenţi de mărime, iar k este un factor numeric de proporţionalitate; ei sînt necunoscuţi.

În relaţia (3) nu s-a inclus coeficientul de debit μ, care nu influenţează omogenitatea relaţiei, fiind o mărime adimensională.

În vederea aplicării analizei dimensionale la stabilirea valorilor unice ale exponenţilor de mărime, se adoptă sistemul dimensional cu $d^* = 3$ mărimi fundamentale (L, M, T), utilizat în mecanică; dimensiunile mărimilor din (3) sînt următoarele:

$$\begin{aligned} [G] &= [L^{-1}\,MT^{-3}] \quad & [s;\,h;\,d] &= [L^2;\,L] \\ [\gamma] &= [L^{-2}\,MT^{-2}] \quad & [g] &= [LT^{-2}]. \end{aligned} \qquad (4)$$

Prin introducerea ecuaţiilor (4) în (3) şi prin aplicarea principiului omogenităţii, conform căruia exponenţii mărimilor fundamentale trebuie să fie, respectiv, aceiaşi în cei doi termeni, se obţine sistemul diofantic:

$$\begin{aligned} a - 2b + c + e &= i + j \quad (1) \\ b &= i \quad (2) \\ -2b - 2e &= -3i \quad (3) \end{aligned} \qquad (5)$$

format din $e^* = d^* = 3$ ecuaţii liniare, omogene cu $n^* = m^* = 6$ necunoscute. Întrucît $n^* = 6 > e^* = 3$, sistemul (5) este nedeterminat sau admite o infinitate de soluţii matematic posibile, care conduc la acelaşi număr de relaţii dimensional valabile, între care se găseşte şi relaţia unică, fizic valabilă.

Pe baza celor arătate în [2]—[5], exponenţii de mărime admit numai valori întregi, pozitive, ca urmare a faptului că s-au afectat exponenţi necunoscuţi la toate mărimile utilizate la descrierea sistemului fizic, iar mărimile au fost distribuite între cei doi membri ai relaţiei; valorile întregi, pozitive, care conduc la relaţia fizic valabilă, sînt cele minime din şirul soluţiilor care satisfac sistemul (5) şi conduc la relaţii echivalente.

Ţinînd seamă de aceste precizări în privinţa naturii soluţiilor, pentru rezolvarea sistemului diofantic de ecuații (5), se utilizează metoda omogenizării mărimilor fundamentale [5], conform căreia ecuațiile se rezolvă separat, în ordinea crescîndă a numărului de termeni, și se atribuie parametrilor arbitrari numai valorile minime, întregi, pozitive, care conduc la valori similare pentru necunoscutele dependente.

---

*) Ing. Constantin I. Staicu este şef de sector la ICENERG.

Astfel, în baza legii omogenizării progresive, se consideră ecuația (5.2), care are cel mai mic număr de termeni; pe baza legii valorilor minime, întregi, pozitive, rezultă $b = i = 1$. Cu aceste valori, din ecuația (5.3), care are un număr mai mare de termeni, rezultă pentru necunoscuta e o valoare rațională, $e = 0{,}5$, care nu poate constitui o soluție pentru sistemul (5). Cu valoarea minimă, întreagă, pozitivă, imediat superioară, $b = i = 2$, se obține $e = 1$. Ecuația (5.1), cu cel mai mare număr de termeni, devine $a + c - 2j = 1$, care conduce la $a + c = 3$ și $j = 1$. Pentru necunoscutele a și c rezultă soluțiile $a = 2$ și $c = 1$, sau $a = 1$ și $c = 2$.

Cu soluțiile de mai sus, (3) conduce la două relații pentru diametrul țevii de distribuție :

$$d = k\frac{G}{\gamma}\sqrt{\frac{s}{hg}} \quad \text{și} \quad d = k\frac{G^2 s}{h^2 g^2}. \qquad (6)$$

2.2. *Factorul numeric*

Valoarea numerică a factorului de proporționalitate k, dintr-o relație rațională obținută pe baze dimensionale, se stabilește cu datele măsurate, în practică sau experimental, pentru toate mărimile din relație ; este suficient un număr relativ redus de valori, obținute la numai 3—4 măsurători.

Cu datele care se consideră, relația în cauză conduce la diverse valori pentru factorul numeric ; variațiile mici ale valorilor calculate k confirmă valabilitatea relației, cunoscînd că factorul numeric este constant numai în relațiile fizic valabile. Pe baza lor se adoptă apoi o valoare medie, unică.

În cazul de față nu s-a dispus de asemenea date și, ca urmare, se iau în considerare valorile calculate cu relația empirică (7), cunoscută din literatura de specialitate [1] :

$$d = 8{,}9\sqrt{\frac{qs}{\mu\sqrt{h}}} \ [\text{mm}], \qquad (7)$$

în care simbolurile comune au semnificațiile cunoscute, iar q ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$) reprezintă densitatea ploii ; în calculele cu (7), s și h se măsoară în metri.

Ținînd seamă de realizările din practică, în calculele care urmează se adoptă, pentru generalitate, o gamă variată de valori, indicate în tabela 1.

În ultima coloană a tabelei 1 s-au înscris valorile obținute cu relația empirică (7).

Tabela 1

Nr. crt.	q	s	μ	h	d
1	2,0	0,60	0,88	0,15	16,7
2	2,3	0,55	0,88	0,18	16,4
3	2,7	0,55	0,88	0,22	16,9
4	3,0	0,45	0,88	0,22	16,2

Pe baza calculelor efectuate, luîndu-se în considerare aceleași date adoptate și date obținute cu (7), s-a ajuns la concluzia că prima relație (6), completată cu coeficientul de debit μ la numitorul de sub radical, conduce la valori practic constante pentru factorul numeric de proporționalitate k. Rezultatele calculelor cu această relație, la care s-a ținut seamă de unitățile de măsură, relația fiind rațională, se dau în tabela 2.

Tabela 2

Nr. crt.	d	$\frac{G}{\gamma}$	g	k
1	0,0167	2,0	9,81	44,2
2	0,0164	2,3	9,81	43,2
3	0,0169	2,7	9,81	42,0
4	0,0162	3,0	9,81	40,0

Se adoptă valoarea medie $k = 42{,}4$; relația definitivă va avea forma :

$$d = 42{,}4\,\frac{G}{\gamma}\sqrt{\frac{s}{\mu h g}}. \qquad (8)$$

La aplicarea relației în practică, se va ține seamă de indicațiile din literatura de specialitate [1], referitoare la valorile coeficientului de debit μ ; în funcție de calitatea prelucrării, se recomandă valori cuprinse între 0,82 și 0,95, cele mari fiind pentru muchiile bine rotunjite.

Concluzii

Din compararea valorilor la care conduc relația empirică (7), cunoscută, și relația rațională (8), stabilită în această lucrare, rezultă diferențe de circa ± 4% la diametrul țevii de distribuție, care se datoresc valorii medii adoptate pentru factorul numeric. Aceste diferențe sînt mici, diametrul calculat variind, de exemplu, de la 16 mm la 16,4 mm. Diferențele își pierd și mai mult din importanță datorită faptului că, în practică, trebuie adoptate mărimi de țevi standardizate.

Ca urmare, se propune relația rațională (8) pentru calculul diametrului țevii de distribuție a apei în turnul de răcire.

Bibliografie

[1] Bunchin, I. V. *Exploatarea instalațiilor de turbine cu abur*. Editura energetică de stat, 1953, p. 256—260.

[2] Staicu, I. C. *Asupra stabilirii unor relații fizico-chimice*. Studii și cercetări de fizică, *IX*, nr. 4, 1958 p. 562—567.

[3] Staicu, I. C. *Aplicații ale principiului omogenității-conservării. Stabilirea relațiilor fizico-chimice în baza principiului valorilor mici, întregi, pozitive*. Metrologia aplicată, *6*, nr. 1, 1959, p. 24—28.

[4] Staicu, I. C. *Teorema fundamentală a analizei dimensionale generale*. Studii și cercetări științifice —Fizică și științe tehnice, *XIII*, fasc. 2, 1962, p. 159—172.

[5] Staicu, I. C. *Legea valorilor minime, întregi, pozitive în analiza dimensională generală*. Buletinul științific și tehnic al Institutului politehnic-Timișoara, *12* (26), fasc. 2, 1967, p. 391—401.

(Articol intrat în redacție la 29 martie 1968)

—o—

Organizarea științifică a producției în sectorul energetic

Metodă de calcul pentru amplasarea unităților (centrelor) de exploatare a instalațiilor electrice*

Ing. Gh. Marinescu și ing. T. Popescu**)

Dezvoltarea continuă a instalațiilor de transport și distribuție a energiei electrice pune azi, din ce în ce mai mult, problema stabilirii unor soluții cît mai eficiente pentru exploatarea lor.

Eficiența formelor de organizare a exploatării, gradul de folosire a timpului de lucru al personalului, cheltuielile efectuate cu deplasarea, timpul de remediere a deranjamentelor, timpul de efectuare a manevrelor sînt dependente de numărul și amplasarea în teren a unităților de exploatare.

Pentru a analiza amplasarea rațională a unităților de exploatare, stabilind fiecăreia suprafața teritorială optimă, este necesar să se țină seamă de două tendințe contradictorii, și anume :

— Prin înființarea unui număr mare de unități de exploatare pentru o suprafață teritorială dată, se va realiza o distanță mică între acestea și instalațiile exploatate. În acest fel, cheltuielile efectuate cu deplasarea personalului vor fi mai mici, iar productivitatea muncii va crește ca urmare a micșorării timpului de deplasare.

— Existența unui număr mare de unități de exploatare pentru o suprafață teritorială dată impune investiții mari pentru înființarea și dotarea acestora.

Soluția optimă poate fi determinată între aceste două limite și corespunde valorii minime a unei relații de forma :

$$C = C_0 + C_1\,(n,\ S), \qquad (1)$$

în care :

C reprezintă cheltuielile anuale de calcul, pentru exploatarea și întreținerea instalațiilor existente pe o suprafață teritorială S ;

C_0 — partea din cheltuielile anuale de calcul care nu depind de poziția instalațiilor față de unitatea de exploatare ;

C_1 — termenul care cuprinde cheltuielile efectuate pentru exploatarea și întreținerea instalațiilor în funcție de suprafața teritorială.

În relație am notat cu n numărul unităților de exploatare existente pe suprafața S.

În cele ce urmează, pentru a analiza amplasarea optimă a unităților de exploatare pe baza cheltuielilor anuale de calcul, efecuate în scopul exploatării, întreținerii și remedierii deranjamentelor instalațiilor, vom considera numai termenul $C_1\,(n,\ S)$ care cuprinde cheltuielile dependente de poziția unității de exploatare față de instalații.

Un alt factor, care trebuie luat în considerație, este modul de organizare a exploatării și intervenției. În funcție de gradul de centralizare a operațiilor de exploatare și intervenție, de concepția ce stă la baza exploatării instalațiilor (exploatare preventivă sau curativă), de intervențiile la micii abonați din localitățile rurale (la cerere sau prin control periodic), pot fi adoptate diferite forme de organizare.

---

*) Articolul este supus discuției.

**) Gh. Marinescu este șef serviciu în M.E.E. ; ing. T. Popescu este director în M.E.E.

În lucrarea de față se încearcă, pe baza unor factori care influențează cheltuielile anuale de calcul, să se determine numărul optim al unităților de exploatare pentru o suprafață teritorială dată, suprafața optimă ce revine unei unități, precum și distanța optimă dintre acestea, ținînd seamă că exploatarea instalațiilor și intervențiile la marii abonați și la rețelele de medie și înaltă tensiune sînt efectuate de către echipele aflate la unitățile (centrele) de exploatare. De înlăturarea deranjamentelor la micii abonați din localitățile rurale nu s-a ținut seamă în cele ce urmează, deoarece această activitate constituie obiectul unei alte analize.

★

Elementele de cheltuieli care compun termenul $C_1(n, S)$ sînt :

— Cheltuielile de investiții efectuate pentru construcția și dotarea sediilor unităților de exploatare.

— Cheltuielile anuale efectuate pentru întreținerea sediilor.

— Cheltuielile anuale efectuate cu salariile lucrătorilor.

Timpul zilnic de lucru se compune din timpul operativ, în care lucrătorul execută diferite operații de producție, și timpul de deplasare, care depinde direct de mărimea suprafeței teritoriale ce revine unității de exploatare (fig. 1).

Rezultă astfel (fig. 1) că, asigurînd unităților de exploatare o suprafață teritorială de 800 km², ceea ce corespunde la o distanță de 42 km între unități, timpul de deplasare a echipelor este de 15,5 – 25,0% (pentru V_a=20–40 km/h) din timpul zilnic de lucru. În acest caz, pentru realizarea aceluiași volum de operații, vor fi necesari cu 18 – 33% mai mulți lucrători decît în cazul cînd timpul zilnic este în întregime utilizat, adică atunci cînd nu va mai exista un timp consumat pentru deplasarea echipelor.

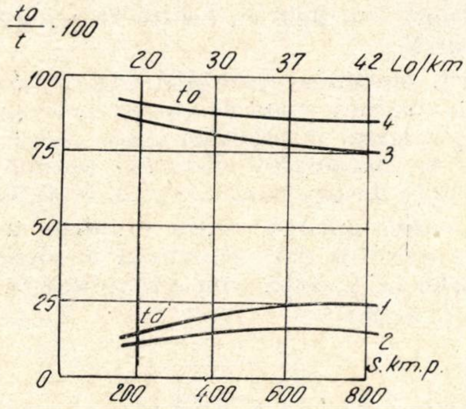


Fig. 1. Timpul disponibil de lucru (t_0) și timpul de deplasare (t_d) (în procente din timpul zilnic de lucru) în funcție de suprafața teritorială ce revine unei unități de exploatare : *1* – t_d – pentru V_a – 20 km/h ; *2* – t_d – pentru V_a = 40 km/h ; *3* – t_0 – pentru V_a = 20 km/h ; *4* – t_0 – pentru V_a = 40 km/h ; V_e = 4 km/h ; l_e = 1 km.

— Cheltuielile efectuate cu transportul lucrătorilor de la sediul unităților de exploatare la instalații.

— Cheltuielile de investiții pentru dotarea cu mijloace de transport.

Dotarea unităților de exploatare cu mijloace de transport depinde de numărul de echipe existente la unitatea respectivă. La rîndul său, numărul de echipe este condiționat de volumul de instalații exploatate.

— Efectele negative (nerealizări de produse sau pagube) care se produc unităților economice prin întreruperea alimentării cu energie electrică constituie, de asemenea, un element ce trebuie luat în considerare. În acest sens, pentru analiza propusă, se va considera că pierderile înregistrate de acești consumatori sînt proporționale cu cantitatea de energie nelivrată.

În acest fel se pune în evidență timpul de restabilire a alimentării cu energie electrică, care este format din :

$$t_r = t_a + t_{01},$$

în care :

t_a este timpul de deplasare a echipelor la locul deranjamentului ;

t_{01} — timpul de informare și de lucru.

În cele ce urmează se va lua în calcul doar timpul de deplasare t_a, care este dependent de mărimea teritoriului ce revine unității de exploatare.

În aceste condiții, termenul C_1 (n, S) se scrie astfel :

$$C_1 = n(pU_i + U_e) +$$

$$+ \frac{S\left[\sqrt{\pi}(\mu_0 + \mu_1)a.\,x + z.\,r.\,\mu_0\left(\sqrt{\frac{S}{n}} - l_e\right) + \sqrt{\pi}p.\,\mu_0 A\right]}{z\cdot a\left[\sqrt{\pi}\left(t + \frac{l_e}{V_a} - \frac{2l_e}{V_e}\right) - \frac{1}{V_a}\sqrt{\frac{S}{n}}\right]} +$$

$$+ \frac{\alpha}{\sqrt{\pi}}\sqrt{\frac{S}{n}}\left(\frac{\varepsilon P}{2V_a} + r\right) - \alpha\,\varepsilon\,P\,l_e\left(\frac{1}{V_e} + \frac{1}{2V_a}\right) \quad (2)$$

S-au folosit următoarele notații :

n — numărul unităților de exploatare existente pe suprafața S ;

U_i — investiția necesară pentru sediul și dotarea unei unități de exploatare ;

U_e — costurile anuale pentru întreținerea unui sediu ;

a — numărul de lucrători care formează o echipă. În cele ce urmează se socotește că fiecare echipă este dotată cu un autovehicul ;

x — salariul mediu anual al unui lucrător ;

z — numărul zilelor lucrătoare dintr-un an ;

r — cheltuielile efectuate pentru deplasarea cu autovehiculul pe o distanță de 1 km ;

l_e — distanța pe care o parcurge echipa deplasîndu-se pe jos de la punctul unde a fost lăsată de autovehicul pînă la instalație ;
A — costul unui autovehicul ;
V_a — viteza medie de deplasare cu autovehiculul ;
V_e — viteza medie de deplasare a echipelor mergînd pe jos ;
α — numărul anual de deranjamente în instalațiile existente pe suprafața S, care conduc la întreruperea alimentării cu energie electrică a marilor consumatori și pentru care echipele se deplasează în vederea efectuării lucrărilor de remediere ;
ε — pierderile produse consumatorilor prin nelivrarea unei kWh ;
P — puterea electrică medie nelivrabilă pentru o întrerupere. Se determină ca raportul dintre energia electrică anuală nelivrabilă E (kWh) și timpul anual de întrerupere al consumatorilor — T (ore). $P = \frac{E}{T}$ kW ;
μ_0 — volumul anual de om-ore necesar pentru exploatarea instalațiilor electrice aflate pe o suprafață de 1 km^2. Se determină în funcție de densitatea instalațiilor și de normele de personal ;
μ_1 — volumul anual de om-ore necesar pentru înlăturarea deranjamentelor la instalațiile electrice aflate pe o suprafață de 1 km^2 ;
p — indice de eficacitate economică a investițiilor ;
t — timpul zilnic de lucru.

Numărul optim al unităților de exploatare pentru suprafața teritorială S se determină prin optimizarea relației (2).

Efectuînd calculele și renunțînd în scopul ușurării calculului la unii termeni care nu modifică rezultatul, se ajunge la :

$$n_0 = \sqrt[3]{\left(\frac{\sqrt{S^3}\,[(\mu_0+\mu_1)\,a.\,x + p\,\mu_0\,A + z.\,r.\,\mu_0\,(\sqrt{\pi}\,V_a.\,t_1 - l_e)]}{2.\,z\cdot\sqrt{\pi}.\,a.\,V_a.\,t_1^2\,(p\,U_i + U_e)} + \frac{\alpha\sqrt{S}\left(\frac{\varepsilon\,P}{2\cdot V_a} + r\right)}{2\sqrt{\pi}\,(p U_i + U_e)}\right)^2} +$$

$$+ \frac{4}{3}\frac{\sqrt{S}}{\sqrt{\pi}.\,V_a.\,t_1}\sqrt[3]{\frac{\sqrt{S}^3[(\mu_0+\mu_1)\,a.\,x + p\,\mu_0\,A + z.\,r.\,\mu_0\,(\sqrt{\pi}.\,V_a.\,t_1 - l_e)]}{2.\,z.\,\sqrt{\pi}.a.\,V.\,t_1^2\,(p\,U_i + U_e)} + \frac{\alpha\sqrt{S}\left(\frac{\varepsilon\,P}{2\,V_a} + r\right)}{2\sqrt{\pi}\,(p\,U_i + U_e)}}, \qquad (3)$$

în care s-a notat cu

$$t_1 = t + \frac{l_e}{V_a} - \frac{2\,l_e}{V_e}.$$

Avînd numărul optim al unităților de exploatare pentru o suprafață dată și considerînd că unitatea este amplasată în centrul suprafeței teritoriale ce îi revine, iar instalațiile sînt amplasate în mod uniform pe această suprafață, se obține distanța optimă dintre unități :

$$L_0 = 2\sqrt{\frac{S}{\pi\cdot n_0}}. \qquad (4)$$

Dînd anumite valori parametrilor ce intervin în relația (3), se obține o serie de curbe care permit a se trage concluzii asupra modului în care factorii arătați mai sus influențează distanța optimă dintre unitățile de exploatare.

S-au stabilit pentru parametrii ce intervin în calcule următoarele valori :

S = 10 000 km^2
U_i = 0 ; 300 000 și 600 000 lei
U_e = 10 000 lei/an
a = 4, 8, 12 lucrători în echipă
x = 15 000 lei/an
z = 280 zile lucrătoare într-un an
r = 2 lei/km
l_e = 1 km
A = 100 000 lei
V_a = 20, 30, 40 km/h
V_e = 4 km/h
α = 100, 200, 300 deranjamente pe an
ε = 2, 4, 6 lei/kWh nelivrată
P = 2 000 kWh
μ_0 = 60, 90, 120 om-ore/km^2-an
μ_1 = 5 om-ore/km^2-an
p = 0,1
t = 8 ore/zi

Efectuînd calculele cu aceste valori, rezultă următoarele :

— Prin creșterea densității instalațiilor va crește și volumul anual de om-ore necesar pentru exploatarea instalațiilor (μ_0). Acest lucru conduce la micșorarea distanței optime dintre unitățile de exploatare (fig. 2, 3, 4, 5).

— Distanța optimă dintre unitățile de exploatare crește o dată cu viteza de deplasare a echipelor (V_a), după cum este arătat în figurile 6, 7, 8, 9.

— Rezultatele obținute sînt influențate de structura echipelor, deoarece în calculele efectuate am considerat că fiecare echipă este dotată cu un mijloc de transport.

Pentru un număr dat de lucrători din cadrul unei unități (centru) de exploatare, numărul echipelor şi deci al dotărilor va fi cu atît mai mic cu cît echipele vor fi formate din mai mulţi lucrători.

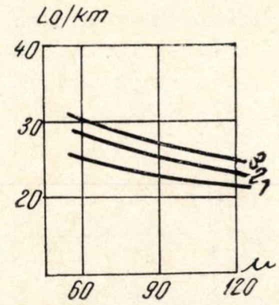


Fig. 2. Distanţa optimă dintre unităţile de exploatare în funcţie de volumul anual de om-ore necesar pentru exploatare :

$1 - a = 4;\ V_a = 30;$
$2 - a = 8;\ \alpha = 200;$
$3 - a = 12;\ \varepsilon = 4;$
$U_i = 300\,000$

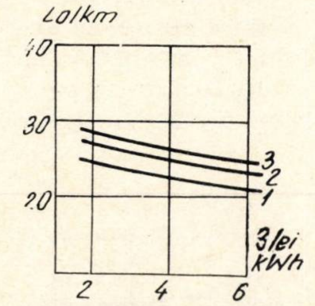


Fig. 3. Distanţa optimă dintre unităţile de exploatare în funcţie de volumul anual de om-ore necesar pentru exploatare :

$1 - V_a = 20,\quad a = 8$
$2 - V_a = 30,\quad \alpha = 200$
$3 - V_a = 40,\quad \varepsilon = 4$
$U_i = 300\,000$

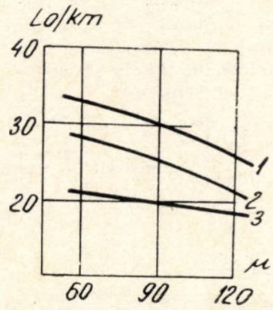


Fig. 4. Distanţa optimă dintre unităţile de exploatare în funcţie de volumul anual de om-ore necesar pentru exploatare :

$1 - U_i = 600\,000;\quad a = 8$
$2 - U_i = 300\,000;\quad V_a = 30$
$3 - U_i = 0;\quad \alpha = 200$
$\varepsilon = 4$

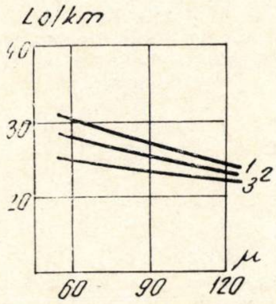


Fig. 5. Distanţa optimă dintre unităţile de exploatare în funcţie de volumul anual de om-ore necesar pentru exploatare :

$1 - \alpha = 100\quad \varepsilon = 2$
$2 - \alpha = 200\quad \varepsilon = 4$
$3 - \alpha = 300\quad \varepsilon = 3$
$V_a = 30$
$a = 8$
$U_i = 300\,000$

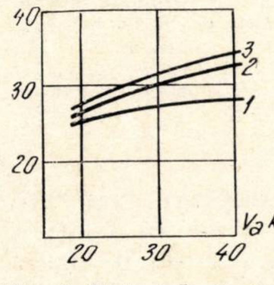


Fig. 6. Distanţa optimă dintre unităţile de exploatare în funcţie de viteza de deplasare a echipelor :

$1 - a = 4\quad \mu_0 = 60$
$2 - a = 8\quad \alpha = 300$
$3 - a = 12\quad \varepsilon = 6$
$U_i = 600\,000$

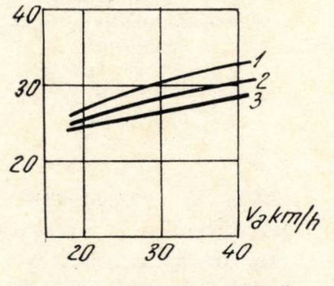


Fig. 7. Distanţa optimă dintre unităţile de exploatare în funcţie de viteza de deplasare a echipelor :

$1 - \mu_0 = 60\quad a = 8$
$2 - \mu_0 = 90\quad \alpha = 300$
$3 - \mu_0 = 120\quad \varepsilon = 6$
$U_i = 600\,000$

Deşi formarea echipelor cu un număr mare de lucrători conduce la unele economii şi la creşterea distanţei optime între unităţile de exploatare ca urmare a unui volum mai mic de dotări, structura optimă a echipelor nu poate fi stabilită pe baza prezentului calcul.

Distanţa optimă dintre unităţile de exploatare, în funcţie de numărul de lucrători din echipă, este dată în figurile 10, 11, 12 şi 13.

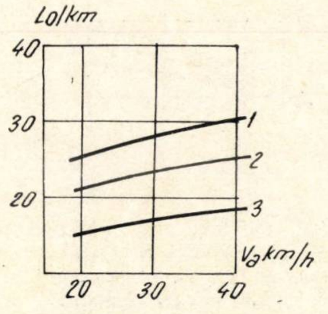


Fig. 8. Distanţa optimă dintre unităţile de exploatare în funcţie de viteza de deplasare a echipelor :

$1 - U_i = 600\,000\quad \mu_0 = 90$
$2 - U_i = 300\,000\quad a = 8$
$3 - U_i = 0\quad \alpha = 300$
$\varepsilon = 6$

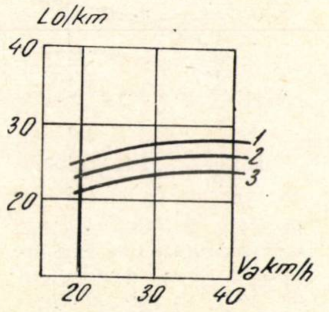


Fig. 9. Distanţa optimă dintre unităţile de exploatare în funcţie de viteza de deplasare a echipelor:

$1 - \alpha = 100\quad \varepsilon = 2$
$2 - \alpha = 200\quad \varepsilon = 4$
$3 - \alpha = 300\quad \varepsilon = 6$
$\mu_0 = 90\quad a = 8$
$U_i = 300\,000$

— Creşterea cheltuielilor de investiţii efectuate pentru sediile unităţilor conduce la creşterea distanţei optime, după cum reiese şi din figurile 14, 15, 16 şi 17.

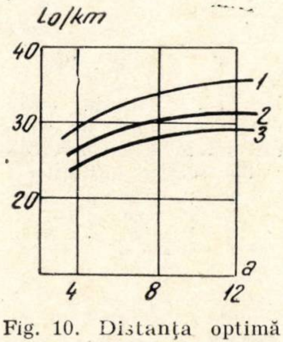


Fig. 10. Distanţa optimă dintre unităţile de exploatare în funcţie de numărul de lucrători care compun o echipă :

$1 - \mu_0 = 60\quad V = 20$
$2 - \mu_0 = 90\quad \alpha = 100$
$3 - \mu_0 = 120\quad \varepsilon = 2$
$U_i = 600\,000$

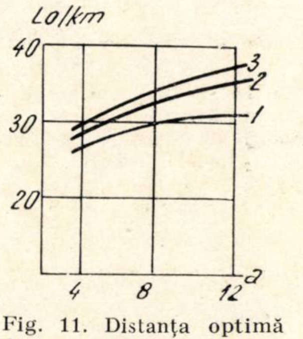


Fig. 11. Distanţa optimă dintre unităţile de exploatare în funcţie de numărul de lucrători care compun o echipă :

$1 - V_a = 20\quad \mu_0 = 90$
$2 - V_a = 30\quad \alpha = 100$
$3 - V_a = 40\quad \varepsilon = 2$
$U_i = 600\,000$

— Timpul de remediere a deranjamentelor depinde de asemenea de suprafaţa teritorială ce revine unei unităţi de exploatare. Deoarece creşterea numărului de deranjamente conduce la creşterea pierderilor provocate consumatorilor, rezultă ca necesară micşorarea timpului de intervenţie.

Din figurile 18, 19, 20 şi 21 reiese că distanţele optime dintre unităţile de exploatare scad pe măsură ce crește numărul de deranjamente în instalațiile proiectate.

Importanța consumatorilor se evidențiază și prin pierderile produse prin nelivrarea unei kWh.

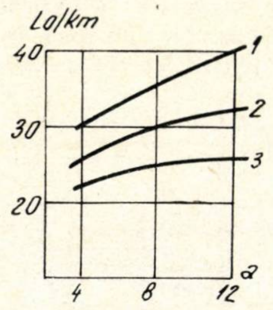


Fig. 12. Distanța optimă dintre unitățile de exploatare în funcție de numărul de lucrători care compun o echipă :

$1 - U_i = 600\,000 \quad V_a = 30$
$2 - U_i = 300\,000 \quad \mu_0 = 60$
$3 - U_i = 0 \quad \alpha = 100$
$\varepsilon = 2$

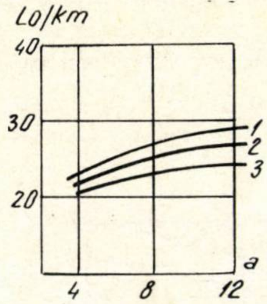


Fig. 13. Distanța optimă dintre unitățile de explcatare în funcție de numărul de lucrători care compun o echipă :

$1 - \alpha = 100 \quad \varepsilon = 2 \quad V_a = 30$
$2 - \alpha = 200 \quad \varepsilon = 4 \quad \mu_0 = 60$
$3 - \alpha = 300 \quad \varepsilon = 6$
$U_i = 300\,000$

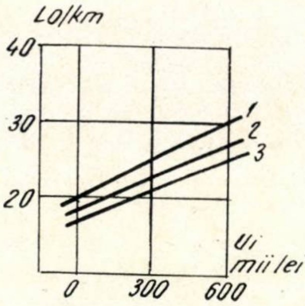


Fig. 14. Distanța optimă dintre unitățile de exploatare în funcție de investițiile din sediile unităților :

$1 - \mu_0 = 60 \quad V_a = 30$
$2 - \mu_0 = 90 \quad a = 4$
$3 - \mu_0 = 120 \quad \alpha = 100$
$\varepsilon = 6$

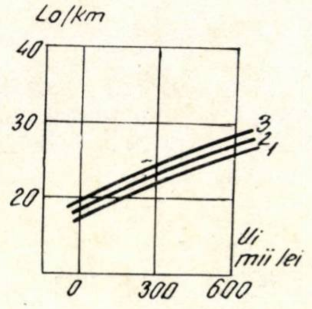


Fig. 15. Distanța optimă dintre unitățile de exploatare în funcție de investițiile din sediile unităților :

$1 - V_a = 20 \quad \mu_0 = 90$
$2 - V_a = 30 \quad a = 4$
$3 - V_a = 40 \quad \alpha = 100$
$\varepsilon = 6$

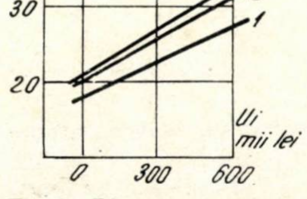


Fig. 16. Distanța optimă dintre unitățile de exploatare în funcție de investițiile din sediile unităților :

$1 - a = 4 \quad V_a = 30$
$2 - a = 8 \quad \mu_0 = 90$
$3 - a = 12 \quad \alpha = 100$
$\varepsilon = 6$

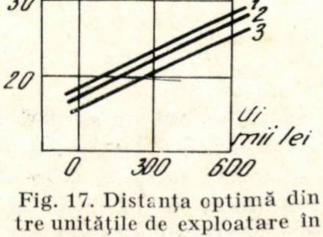


Fig. 17. Distanța optimă din tre unitățile de exploatare în funcție de investițiile din sediile unităților :

$1 - \alpha = 100 \quad \varepsilon = 2 \quad V_a = 30$
$2 - \alpha = 200 \quad \varepsilon = 4 \quad \mu_0 = 90$
$3 - \alpha = 300 \quad \varepsilon = 6 \quad a = 4$

Din figurile 22, 23, 24 și 25 rezultă că existența unor consumatori importanți impune reducerea distanței optime dintre unități.

Stabilind numărul optim de unități de exploatare ce revine unei suprafețe date, sau suprafața teritorială optimă a unei unități de exploatare, vom putea calcula cu ajutorul relației (5) personalul necesar (N) pentru activitatea de exploatare și întreținere preventiv planificată a instalațiilor și pentru înlăturarea deranjamentelor la instalațiile de medie și înaltă tensiune.

$$N = \frac{(\mu_0 - \mu_1)\,S}{Z\left(n_0\,t_1 - \frac{1}{V_a}\sqrt{\frac{n_0\,S}{\pi}}\right)}. \qquad (5)$$

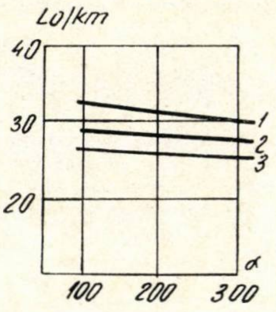


Fig. 18. Distanța optimă dintre unitățile de exploatare în funcție de numărul anual de deranjamente în rețelele de medie și înaltă tensiune :

$1 - \mu_0 = 60 \quad V_a = 40$
$2 - \mu_0 = 90 \quad a = 4$
$3 - \mu_0 = 120 \quad \varepsilon = 4$
$U_i = 600\,000$

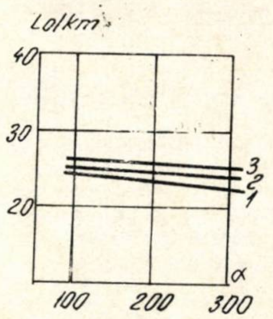


Fig. 19. Distanța optimă dintre unitățile de exploatare în funcție de numărul anual de deranjamente în rețelele de medie și înaltă tensiune :

$1 - V_a = 20 \quad \mu_0 = 120$
$2 - V_a = 30 \quad a = 4$
$3 - V_a = 40 \quad \varepsilon = 4$
$U_i = 600\,000$

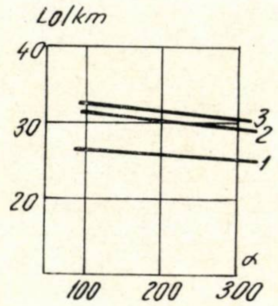


Fig. 20. Distanța optimă dintre unitățile de exploatare în funcție de numărul anual de deranjamente în rețelele de medie și înaltă tensiune :

$1 - a = 4 \quad V_a = 40$
$2 - a = 8 \quad \mu_0 = 120$
$3 - a = 12 \quad \varepsilon = 4$
$U_i = 600\,000$

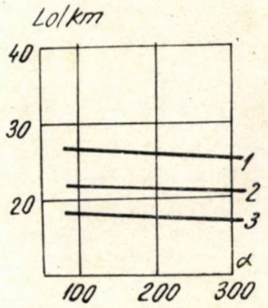


Fig. 21. Distanța optimă dintre unitățile de exploatare în funcție de numărul total de deranjamente în rețelele de medie și înaltă tensiune :

$1 - U_i = 600\,000 \quad a = 4$
$2 - U_i = 300\,000 \quad V_a = 40$
$3 - U_i = 0 \quad \mu_0 = 120$
$\varepsilon = 4$

Pentru exemplu, vom calcula distanţa optimă de amplasare a unităţilor (centrelor) de exploatare din judeţul Ilfov.

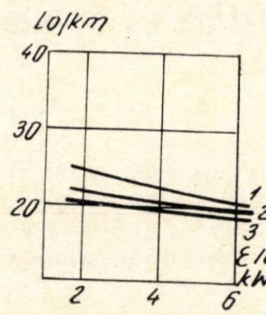


Fig. 22. Distanţa optimă dintre unităţile de exploatare în funcţie de pierderile produse consumatorilor prin nelivrarea unei kWh energie electrică :

$1 - \mu_0 = 60 \quad V_a = 20$
$2 - \mu_0 = 90 \quad a = 12$
$2 - \mu_0 = 120 \quad \alpha = 100$
$U_i = 0$

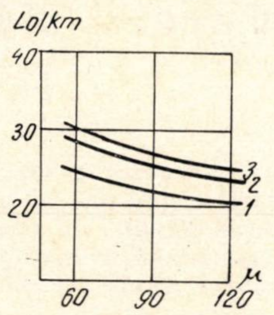


Fig. 23. Distanţa optimă dintre unităţile de exploatare în funcţie de pierderile produse consumatorilor prin nelivrarea unei kWh energie electrică :

$1 - V_a = 20 \quad \mu_0 = 60$
$2 - V_a = 30 \quad a = 12$
$3 - V_a = 40 \quad \alpha = 100$
$U_i = 0$

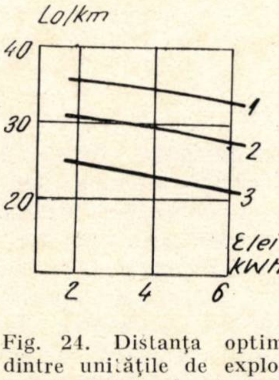


Fig. 24. Distanţa optimă dintre unităţile de exploatare în funcţie de pierderile produse consumatorilor prin nelivrarea unei kWh energie electrică :

$1 - a = 4 \quad V_a = 20$
$2 - a = 8 \quad \mu_0 = 60$
$3 - a = 12 \quad \alpha = 100$
$U_i = 0$

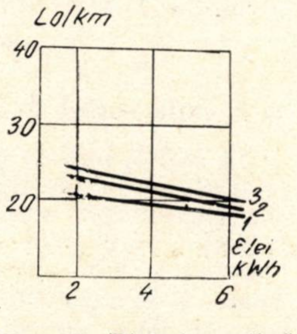


Fig. 25. Distanţa optimă dintre unităţile de exploatare în funcţie de pierderile produse consumatorilor prin nelivrarea unei kWh energie electrică :

$1 - U_i = 600\,000 \quad V_a = 20$
$2 - U_i = 300\,000 \quad \mu_0 = 60$
$3 - U_i = 0 \quad a = 12$
$\alpha = 100$

Datele de calcul sînt :

$S = 8\,034$ km^2
$x = 15\,000$ lei/an
$z = 280$
$r = 1{,}08$ lei/km — realizat în anul 1967
$a = 8$
$U_i = 200\,000$ lei (stabiliţi ca medie)
$U_e = 10\,000$ lei/an
$l_e = 0{,}200$ km
$V_e = 4$ km/h
$V_a = 30$ km/h
$A = 80\,000$ lei (un autovehicul tip IMS cu remorcă monoax)
$\alpha = 1191$ (numărul de avarii şi incidente din anul 1967) ; luăm $\alpha = 1200$
$\varepsilon = 2$ lei/kWh
$P = \frac{E}{T} = 74$ kW determinat pentru anul 1967
$\mu_0 = 35$ om-ore/km^2-an pentru instalaţiile existente în 1967
$\mu_1 = 15$ om-ore/km^2-an pentru incidentele şi avariile din 1967
$p = 0{,}1$ — indicele considerat valabil pentru R.S. România
$t = 8$ ore/zi.

Efectuînd calculele cu ajutorul relaţiei (3), se obţine :

$$n_0 = 7.$$

Distanţa optimă între două unităţi de exploatare fiind în acest caz :

$$L_0 = 38 \text{ km}.$$

Numărul de lucrători pentru o unitate de exploatare rezultă conform relaţiei (5) :

$$N = 28.$$

Concluzii

1. Metoda de calcul expusă este aplicabilă pentru orice suprafaţă teritorială, cu condiţia ca ea să fie împărţită în zone omogene în ceea ce priveşte densitatea de instalaţii electrice. În calcul se cuprind valorile medii ale parametrilor U_i, U_e, a, x, r, l_e, V_a, V_e, α, ε, μ_0, μ_1.

2. Metoda de calcul propusă conduce la soluţia optimă pentru economia naţională.

3. Avîndu-se în vedere dinamica factorilor, calculele trebuie efectuate ţinînd seamă şi de perspectiva dezvoltării instalaţiilor electrice, cunoscută din planurile de dezvoltare energetică.

4. În cazul modificării unor parametri, optimul soluţiei se menţine în continuare, avînd în vedere posibilităţile de a acţiona asupra altor factori. De exemplu : prin creşterea densităţii instalaţiilor, distanţa optimă ar trebui să scadă ; crescînd însă viteza de deplasare, distanţa optimă rămîne în continuare cea stabilită iniţial. De asemenea, în cazul creşterii importanţei consumatorilor (ε), distanţa optimă se păstrează prin reducerea numărului de deranjamente (α) sau prin ieftinirea mijloacelor tehnice din dotarea echipelor (A).

(Articol intrat in redacţie la 19 iunie 1959)

———— o ————

Utilizarea corelației multiple și a regresiei curbilinii la determinarea duratei lucrărilor de reparații

Ing. M. Cârlan*)

Dependența timpului necesar pentru executarea unei lucrări oarecare, funcție de mărimile sale determinante, utilizînd metoda corelației multiple și a regresiei, constă în stabilirea unor relații analitice care să reflecte coeziunea existentă între caracteristicile procesului de muncă analizat.

Considerînd acest timp de execuție T variabilă dependentă, și factorii x_i, care influențează mărimea lui, variabile independente, se pune problema găsirii formelor unor relații de dependență :

$$T = f(x_i), \tag{1}$$

unde

$$i \in \{1,\ 2,\ 3, \ldots\ldots, n\}. \tag{2}$$

Principalii factori care condiționează durata unei activități sînt :

— forța de muncă : numărul componenților formației de lucru, nivelul de calificare a personalului, vîrsta oamenilor, sexul, trăsăturile psihice ale acestora etc. ;

— mijloacele de producție : scule, dispozitive, aparataj, mașini ;

— locul de muncă : organizarea locului de muncă, nivelul de mecanizare-automatizare a lucrării sau anumitor faze ale lucrării ;

— gradul de complexitate a lucrării.

Consumul unei cantități de timp, într-un proces de muncă, este consecința acțiunii simultane a factorilor de influență sus-citați.

Exprimarea analitică a interdependenței acestor mărimi sub forma unei ecuații de regresie, care să reflecte cît mai fidel corelația între toate componentele problemei analizate, este practic imposibilă, datorită mai ales suprapunerii efectelor unei multitudini de cauze, a căror pondere nu poate fi estimată ; de aceea vom admite anumite ipoteze simplificatoare, astfel :

a) vom considera că efectul hotărîtor al factorului forța de muncă asupra timpului de execuție a lucrării este determinat numai de :

— numărul componenților formației de lucru ;

— nivelul de calificare a personalului ;

b) presupunem că influența mijloacelor de producție și a locului de muncă asupra duratei lucrării este o mărime constantă ;

c) deoarece gradul de complexitate a lucrării condiționează mărimea formației de lucru și impune un anumit nivel de calificare a personalului, convenim să afectăm acțiunea lui acestor două variabile :

$$G = f(M;\ K), \tag{3}$$

unde

G este gradul de complexitate a lucrării ;

M — numărul componenților formației de lucru ;

K — nivelul de calificare a personalului.

Pe baza precizărilor expuse rezultă că timpul aferent unei activități de producție poate fi exprimat prin relația :

$$T = \Phi(M;\ K). \tag{4}$$

1. Ecuația curbei de regresie

Nu există metode precise pe baza cărora să se poată stabili un tip de ecuație adecvat pentru exprimarea analitică a corelației dintre factorii componenți ai fenomenului studiat.

Ecuația curbei de regresie se poate exprima numai prin metode grafice, astfel : se apreciază, pe baza datelor statistice transpuse într-un sistem de axe de coordonate, alura curbei de regresie, urmînd ca ulterior, pe baza unor criterii, să se verifice dacă forma ecuației inițial stabilită reprezintă cît mai intens corelația dintre durata lucrării și factorii săi de influență.

În cazul analizat, ecuația curbei de regresie poate fi redată sub una din formele :

$$T = a + \frac{b}{M} + \frac{c}{K} \tag{a}$$

sau

$$T = \frac{a}{M^{\alpha} K^{\beta}}, \tag{b}$$

unde a, b, c, α, β sînt coeficienții regresiei (α și β fiind elasticitățile factorilor de influență M și K).

Este evident faptul că ambele ecuații (a) și (b) arată că durata activității variază invers proporțional cu numărul componenților formației de lucru și cu nivelul de calificare a personalului executant.

Care din formulele propuse mai sus reprezintă însă, cît mai profund, dependența analitică dintre aceste mărimi ?

---

*) Ing. Miltiade Cârlan este șef birou la D.G.P.T.E.E. — M.E.E.

Fie :

$$T = a + \frac{b}{M} + \frac{c}{K}. \qquad (a)$$

Să presupunem că numărul componenților formației de muncă este extraordinar de mare ($M \to \infty$) și că personalul are un nivel de calificare perfect ($K \to \infty$). În asemenea situație, durata lucrării ar trebui să tindă către 0, dar nicidecum către o mărime constantă ; de aceea forma (a) trebuie să devină :

$$T = \frac{b}{M} + \frac{c}{K}. \qquad (a')$$

Între mărimile M și K există însă o interdependență :

$$K = \varphi(M). \qquad (5)$$

Nu putem vorbi astfel de un nivel de calificare a personalului dacă nu există personal, după cum nu putem admite existența unei formații de lucru avînd o calificare nulă.

Ținînd seamă de relația (5), forma (a') va deveni :

$$T = \frac{b}{M} + \frac{c}{\varphi(M)} \qquad (a'')$$

sau

$$T = \frac{d}{M^{\gamma}}. \qquad (a''')$$

În cele ce urmează însă, vom analiza forma (b) — mai completă — a ecuației de regresie :

$$T = \frac{a}{M^{\alpha} K^{\beta}}.$$

Se observă că :

$$\lim_{M \to \infty} T = 0 \qquad (6)$$

$$\lim_{M \to 0} T = \infty \qquad (7)$$

$$\lim_{K \to \infty} T = 0 \qquad (8)$$

$$\lim_{K \to 0} T = \infty \qquad (9)$$

2. Funcții Cobb-Douglass

O funcție de tipul :

$$y = a \prod_{i=1}^{n} x_i^{\alpha_i}, \qquad (10)$$

unde :

y este variabila dependentă ;
x_i — variabila independentă de ordinul i ;
α_i — elasticitatea factorului de influență de rangul i, se numește funcție Cobb-Douglass.

Aceste funcții, denumite funcții de producție, exprimă o dependență analitică între rezultatul unei activități de producție și factorii care condiționează acest rezultat.

Forma $T = \frac{a}{M^{\alpha} K^{\beta}}$ fiind o funcție Cobb-Douglass, se pune problema determinării coeficienților regresiei: a, α, β.

Se utilizează în acest scop metoda celor mai mici pătrate.

Logaritmînd ecuația curbei de regresie prezentată mai sus, se obține :

$$\lg T = \lg a - \alpha \lg M - \beta \lg K. \qquad (b')$$

Fie :

$$\lg T = \tau$$
$$\lg a = A$$
$$\lg M = m$$
$$\lg K = k.$$

Cu aceste notații, (b') devine :

$$\tau = A - \alpha m - \beta k. \qquad (b'')$$

Aplicînd metoda celor mai mici pătrate :

$$S = \sum_{i=1}^{n} (A - \alpha m_i - \beta k_i - t_i)^2 - \text{minimum}, \qquad (11)$$

vom avea, în final, ecuațiile normale Gauss, după anularea în prealabil a derivatelor parțiale :

$$\frac{\partial S}{\partial A}, \quad \frac{\partial S}{\partial \alpha}, \quad \frac{\partial S}{\partial \beta} :$$

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial S}{\partial A} &= 2\sum (A - \alpha m_i - \beta k_i - t_i) 1 = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial \alpha} &= 2\sum (A - \alpha m_i - \beta k_i - t_i)(-m_i) = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial \beta} &= 2\sum (A - \alpha m_i - \beta k_i - t_i)(-\mathrm{k}_i) = 0 \end{aligned}\right\} \qquad (12)$$

sau :

$$\left.\begin{aligned} nA - \alpha \sum m_i - \beta \sum k_i &= \sum t_i \\ A \sum m_i - \alpha \sum m_i^2 - \beta \sum m_i k_i &= \sum t_i m_i \\ A \sum k_i - \alpha \sum m_i k_i - \beta \sum k_i^2 &= \sum t_i k_i \end{aligned}\right\} \qquad (13)$$

(m_i, k_i, t_i reprezintă logaritmii valorilor observate).

Rezolvînd sistemul de ecuații normale Gauss, se obțin valorile coeficienților regresiei.

Se remarcă, dintr-un exemplu, că între coeficienții necunoscutelor din liniile a doua și a treia ale determinantului principal al sistemului de ecuații există o oarecare proporționalitate, consecință a relației de interdependență (5) a factorilor de influență M și K.

Mendershausen a denumit legătura strînsă dintre variabilele independente multicoliniaritate [5].

3. Coeficientul de corelaţie

Ecuaţia de regresie stabilită arată numai dependenţa analitică a mărimilor corelate : T, M, K, fără a da însă şi profunzimea legăturii dintre aceste mărimi.

Intensitatea coeziunii dintre variabila dependentă şi variabilele independente este dată de coeficientul de corelaţie R.

Fie următoarea ecuaţie de regresie [1] :

$$Y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \ldots + a_n x_n. \quad (14)$$

Coeficientul de corelaţie are următoarea expresie :

$$R_y \cdot x_1 \ldots x_n = \sqrt{1 - \frac{(y_i - Y_i)^2}{(y_i - \overline{y})^2}}, \quad (15)$$

unde :

Y este valoarea variabilei dependente obţinută din ecuaţia de regresie;
y_i — valoarea observată a variabilei dependente;
$\overline{y}$ — media condiţionată a variabilei dependente.

Se demonstrează că :

$$\Sigma (y_i - Y_i)^2 = \Sigma y_i^2 - a_0 \Sigma y_i - a_1 \Sigma y_i x_{1i} - \ldots a_n \Sigma y_i x_{ni}. \quad (16)$$

$$\Sigma (y_i - \overline{y})^2 = \Sigma y_i^2 - \frac{(\Sigma y_i)^2}{n}. \quad (17)$$

În cazul ecuaţiei de regresie analizate, $\tau = A - \alpha m - \beta k$, se obţine :

$$\Sigma (t_i - \tau_i)^2 = \Sigma t_i^2 - A \Sigma t_i + \alpha \Sigma t_i m_i + \beta \Sigma t_i k_i \quad (18)$$

$$\Sigma (t_i - \bar{t})^2 = \Sigma t_i^2 - \frac{(\Sigma t_i)^2}{n}. \quad (19)$$

Coeficientul de corelaţie va fi :

$$R_{\tau \cdot mk} = \sqrt{1 - \frac{\Sigma t_i^2 - A \Sigma t_i + \alpha \Sigma t_i m_i + \beta \Sigma t_i k_i}{\Sigma t_i^2 - \frac{(\Sigma t_i)^2}{n}}} \quad (20)$$

sau

$$R_{\tau \cdot mk} = \sqrt{\frac{A \Sigma t_i - \alpha \Sigma t_i m_i - \beta \Sigma t_i k_i - \frac{(\Sigma t_i)^2}{n}}{\Sigma t_i^2 - \frac{(\Sigma t_i)^2}{n}}}. \quad (20')$$

O corelaţie este cu atît mai intensă cu cît coeficientul de corelaţie are valori mai apropiate de ±1 (semnul (—) indicînd existenţa unei legături inverse între variabile).

4. Verificarea legăturii statistice

Se utilizează în acest scop criteriul Snédécor-Fisher (criteriul F) :

$$F = \frac{s_2^2}{s_1^2}, \quad (21)$$

unde

s_1^2 este variaţia valorilor variabilei dependente în cadrul grupelor de observaţii;
s_2^2 — variaţia valorilor variabilei dependente în jurul liniei de regresie.

Menţionăm că acest criteriu este folosit pentru verificarea unei legături statistice liniare, de aceea ne vom referi la forma liniară a ecuaţiei de regresie :

$$\tau = A - \alpha m_i - \beta k_i$$

Pe baza definiţiilor de mai sus :

$$s_1^2 = \frac{\Sigma (t_i - \tau_i)^2}{n - f - 1}, \quad (22)$$

$$s_2^2 = \frac{\Sigma (\tau_i - \bar{t})^2}{f}, \quad (23)$$

unde

f este numărul parametrilor regresiei (m şi k);
n — numărul de măsurători (observări).

Potrivit relaţiei (18):

$$\Sigma (t_i - \tau_i)^2 = \Sigma t_i^2 - A \Sigma t_i + \alpha \Sigma t_i m_i + \beta \Sigma t_i k_i,$$

iar (24)

$$\Sigma (\tau_i - t)^2 = A \Sigma t_i - \alpha \Sigma t_i m_i - \beta \Sigma t_i k_i - \frac{(\Sigma t_i)^2}{n},$$

rezultă pentru F următoarea expresie :

$$F = \frac{\dfrac{A \Sigma t_i - \alpha \Sigma t_i m_i - \beta \Sigma t_i k_i - \frac{(\Sigma t_i)^2}{n}}{f}}{\dfrac{\Sigma t_i^2 - A \Sigma t_i + \alpha \Sigma t_i m_i + \beta \Sigma t_i k_i}{n - f - 1}}. \quad (25)$$

În funcţie de un anumit grad de semnificaţie P (probabilitate), pentru $f_1 = f$ şi $f_2 = n - f - 1$, se iau din tabele valori ale lui F.

Condiţia pentru existenţa unei legături statistice liniare semnificative este :

$$F_{calcul} \geqslant F_{tabel}. \quad (26)$$

5. Concordanţa ecuaţiei de regresie. Criteriul Gauss

Să presupunem că am stabilit două ecuaţii de regresie care să exprime dependenţa duratei de execuţie a unei lucrări, funcţie de factorii de influenţă :

$$T' = \frac{a}{M^{\alpha} K^{\beta}} \quad (I)$$

i

$$T'' = \frac{b}{M^{\gamma}}, \qquad \text{(II)}$$

sau forma liniară a acestora :

$$\tau' = A - \alpha m - \beta k, \qquad \text{(I')}$$

$$\tau'' = B - \gamma m, \qquad \text{(II')}$$

unde

$$\tau = \lg T$$

$$A = \lg a$$

$$B = \lg b$$

$$m = \lg M$$

$$k = \lg K$$

Criteriul de concordanţă Gauss arată că ecuaţia de regresie adecvată este aceea pentru care [3] :

$$\Omega = \frac{\Sigma\,(t_i - \tau_i)^2}{n - q} - \text{minimum}, \qquad (27)$$

unde q reprezintă numărul coeficienţilor regresiei.

Exemplu de calcul. Tabelele 1 şi 2 prezintă datele rezultate din fişele de observări şi graficele de lucrări pentru reviziile unor armături de înaltă presiune din instalaţiile centralelor electrice cu abur, iar în figurile 1 şi 2 sînt indicate graficele de corelaţie :

$$T = f(M),$$

$$T = f(K).$$

Înlocuind datele din aceste tabele în ecuaţiile (13), se obţine :

$$50\;A - 23{,}085\,\alpha - 36{,}415\;\beta = 38{,}837$$

$$23{,}085\;A - 11{,}255\,\alpha - 16{,}909\;\beta = 17{,}516$$

$$36{,}415\;A - 16{,}909\,\alpha - 26{,}645\;\beta = 28{,}229.$$

Dacă scriem determinantul principal al acestui sistem :

$$\Delta = \begin{vmatrix} 50 & -\,23{,}085 & -\,36{,}415 \\ 23{,}085 & -\,11{,}255 & -\,16{,}909 \\ 36{,}415 & -\,16{,}909 & -\,26{,}645 \end{vmatrix},$$

se observă existenţa unei oarecari proporţionalităţi între liniile 2 şi 3, ca urmare a relaţiei de interdependenţă (5) : $K = \varphi\,(M)$ — starea de multicoliniaritate, despre care s-a menţionat mai sus.

Rezolvînd sistemul de ecuaţii de mai sus, se obţin următoarele valori ale coeficienţilor regresiei :

$$A = 1{,}05376\,;\; a = \text{antilg}\; 1{,}05376 = 11{,}3175,$$

$$\alpha = 0{,}50813,$$

$$\beta = 0{,}05824$$

iar ecuaţia de regresie va fi :

$$T = \frac{11{,}3175}{M^{0{,}508\,13} \cdot K^{0{,}05824}}$$

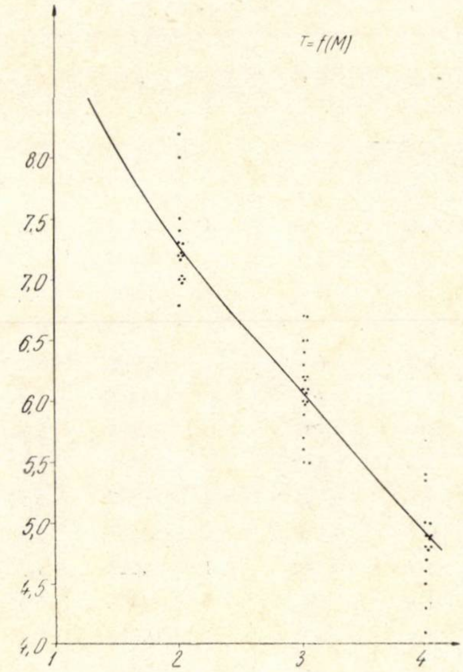


Fig. 1.

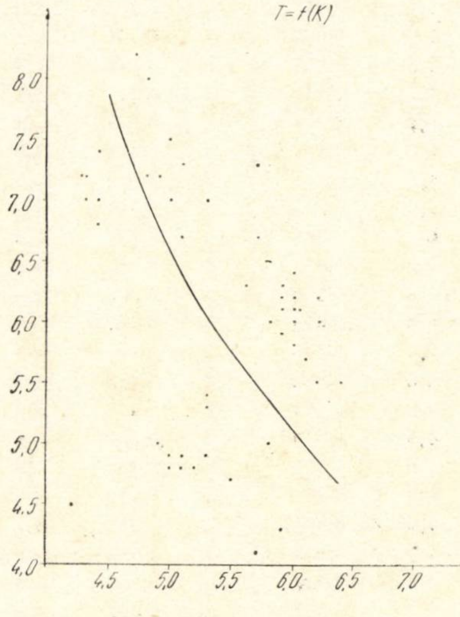


Fig. 2.

Coeficientul de corelaţie. Potrivit relaţiei (20')

$$R_{\tau\cdot mk} = \sqrt{\frac{1{,}05376 \cdot 38{,}836 - 0{,}50813 \cdot 17{,}516 - 0{,}05824 \cdot 28{,}229 - \dfrac{38{,}836^2}{50}}{30{,}443 - \dfrac{38{,}836^2}{50}}} \cong 0{,}878.$$

Criteriul F. Înlocuind în (25), se obţine :

$$F = \frac{\dfrac{1{,}05376 \cdot 38{,}836 - 0{,}50813 \cdot 17{,}516 - 0{,}05824 \cdot 28{,}229 - \dfrac{38{,}836^2}{50}}{2}}{\dfrac{30{,}443 - 1{,}05376 \cdot 38{,}836 + 0{,}50813 \cdot 17{,}516 + 0{,}05824 \cdot 28{,}229}{50 - 2 - 1}} \cong 79{,}5$$

Tabela 1

Nr. crt.	T_i	$\lg T_i$ t_i	M_i	$\lg M_i$ m_i	K_i	$\lg K_i$ k_i	t_i^2	m_i^2	k_i^2	$t_i \cdot m_i$	$t_i \cdot k_i$	$m_i \cdot k_i$
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	6,0	0,778	3	0,477	6,0	0,778	0,606	0,223	0,606	0,370	0,606	0,370
2	5,5	0,740	3	0,477	6,2	0,793	0,547	0,223	0,630	0,352	0,587	0,378
3	4,7	0,672	4	0,602	5,5	0,740	0,452	0,362	0,547	0,405	0,497	0,445
4	6,2	0,793	3	0,477	6,2	0,793	0,630	0,223	0,630	0,377	0,630	0,378
5	4,3	0,634	4	0,602	5,9	0,771	0,402	0,362	0,594	0,382	0,487	0,464
6	5,7	0,757	3	0,477	6,1	0,785	0,572	0,223	0,616	0,560	0,594	0,374
7	8,0	0,903	2	0,301	4,8	0,681	0,815	0,091	0,465	0,272	0,615	0,205
8	7,3	0,863	2	0,301	5,1	0,707	0,745	0,091	0,498	0,260	0,610	0,213
9	6,2	0,793	3	0,477	5,9	0,771	0,630	0,223	0,594	0,377	0,611	0,367
10	6,0	0,778	3	0,477	5,8	0,764	0,606	0,223	0,583	0,370	0,595	0,364
11	5,4	0,732	4	0,602	5,3	0,724	0,535	0,362	0,524	0,442	0,529	0,435
12	4,8	0,681	4	0,602	5,1	0,707	0,465	0,362	0,498	0,410	0,482	0,425
13	4,6	0,663	4	0,602	5,3	0,724	0,440	0,362	0,524	0,399	0,480	0,435
14	5,0	0,699	4	0,602	5,8	0,764	0,489	0,362	0,583	0,422	0,535	0,459
15	4,1	0,612	4	0,602	5,7	0,757	0,374	0,362	0,572	0,368	0,464	0,455
16	6,1	0,785	3	0,477	5,9	0,771	0,616	0,223	0,594	0,373	0,605	0,367
17	7,5	0,875	2	0,301	5,0	0,699	0,765	0,091	0,489	0,264	0,612	0,211
18	7,0	0,845	2	0,301	5,0	0,699	0,714	0,091	0,489	0,255	0,591	0,211
19	7,2	0,857	2	0,301	4,8	0,681	0,733	0,091	0,465	0,259	0,584	0,205
20	6,7	0,826	3	0,477	5,1	0,707	0,682	0,223	0,498	0,393	0,582	0,336
21	6,5	0,813	3	0,477	5,8	0,764	0,661	0,223	0,583	0,386	0,621	0,364
22	5,3	0,724	4	0,602	5,3	0,724	0,524	0,362	0,524	0,436	0,524	0,435
23	4,8	0,681	4	0,602	5,0	0,699	0,465	0,362	0,489	0,410	0,476	0,420
24	5,0	0,699	4	0,602	4,9	0,690	0,489	0,362	0,476	0,422	0,482	0,415
25	6,1	0,785	3	0,477	6,0	0,778	0,616	0,223	0,606	0,373	0,611	0,370
26	7,2	0,857	2	0,301	4,3	0,634	0,733	0,091	0,402	0,259	0,542	0,191
27	7,4	0,869	2	0,301	4,4	0,644	0,755	0,091	0,415	0,262	0,560	0,194
28	6,3	0,800	3	0,477	5,9	0,771	0,640	0,223	0,594	0,380	0,617	0,367
29	7,0	0,845	2	0,301	4,3	0,634	0,714	0,091	0,402	0,255	0,535	0,191
30	6,8	0,832	2	0,301	4,4	0,644	0,690	0,091	0,415	0,251	0,535	0,194
31	6,5	0,813	3	0,477	5,8	0,764	0,661	0,223	0,583	0,386	0,621	0,364
32	4,9	0,690	4	0,602	5,1	0,707	0,476	0,362	0,498	0,416	0,487	0,425
33	5,9	0,771	3	0,477	5,9	0,771	0,594	0,223	0,594	0,367	0,594	0,376
34	6,2	0,793	3	0,477	6,0	0,778	0,628	0,223	0,606	0,377	0,618	0,370
35	7,3	0,864	2	0,301	5,7	0,757	0,746	0,391	0,572	0,260	0,653	0,228
36	4,5	0,653	4	0,602	4,2	0,628	0,427	0,362	0,390	0,393	0,408	0,375
37	5,6	0,748	3	0,477	6,3	0,800	0,560	0,223	0,640	0,356	0,598	0,381
38	7,2	0,857	2	0,301	4,9	0,690	0,733	0,091	0,476	0,259	0,591	0,207
39	4,9	0,690	4	0,602	5,0	0,699	0,476	0,362	0,489	0,416	0,482	0,420
40	4,8	0,681	4	0,602	5,2	0,717	0,468	0,362	0,513	0,410	0,488	0,432
41	5,5	0,740	3	0,477	6,4	0,806	0,547	0,223	0,649	0,352	0,596	0,384
42	6,4	0,806	3	0,477	6,0	0,778	0,649	0,223	0,606	0,384	0,627	0,370
43	6,7	0,826	3	0,477	5,7	0,757	0,682	0,223	0,572	0,393	0,624	0,360
44	6,1	0,785	3	0,477	6,0	0,778	0,616	0,223	0,606	0,373	0,612	0,370
45	6,0	0,778	3	0,477	6,2	0,793	0,606	0,223	0,630	0,370	0,618	0,378
46	7,0	0,845	2	0,301	5,3	0,724	0,714	0,091	0,524	0,255	0,612	0,218
47	8,2	0,914	2	0,301	4,7	0,672	0,835	0,091	0,451	0,275	0,615	0,202
48	4,9	0,690	4	0,602	5,3	0,724	0,476	0,362	0,524	0,416	0,500	0,435
49	7,2	0,857	2	0,301	4,3	0,634	0,733	0,091	0,402	0,259	0,542	0,191
50	7,0	0,845	2	0,301	4,4	0,644	0,714	0,091	0,415	0,255	0,544	0,194

Tabela 2

t_i	m_i	k_i	t_i^2	m_i^2	k_i^2	t_im_i	t_ik_i	m_ik_i
38,836	23,085	36,415	30,443	11,255	26,645	17,516	28,229	16,909

Pentru

$$P = 0{,}975;$$
$$f_1 = 2;$$
$$f_2 = 50 - 2 - 1 = 47,$$

se găsește în tabele:

$$F_{0{,}975;2;47} = 3{,}995.$$

Deoarece

$$F_{calcul} \gg F_{tabel},$$

corelația dintre durata activității și factorii săi de influență analizați este semnificativă.

Concluzii

Cercetarea dependenței timpului de execuție a unei lucrări funcție de factorii săi de influență are la bază, în expunerea prezentată, metoda corelației și a regresiei.

Folosindu-se rezultatele observărilor asupra duratei diverselor activități, numărul de muncitori participanți la realizarea sarcinii de producție și nivelul de calificare a personalului executant, se stabilește o relație analitică între sele trei mărimi variabile — ecuația de regrecie —, aceasta putînd fi utilizată la elaborarea normativelor de timp pentru lucrările de reparații ale echipamentului energetic.

Calculele necesitînd însă un volum de timp relativ mare, metoda expusă este indicată pentru stabilirea duratelor unor activități avînd un caracter repetitiv (revizii: armături, pompe, ventilatoare, echipament electric din centrale și stații).

Bibliografie

[1] Rancu, N. și Tövissi, L. *Statistica matematică cu aplicații în producție.* Ed. Acad. R.S.R., București, 1963.

[2] Marinescu, I., Moineagu, C., Niculescu, R., Rancu, N. și Urșeanu, V. *Elemente de statistică matematică și aplicațiile ei.* Ed. Științifică, București, 1966.

[3] Worthing, A. G. și Goffner, J. *Prelucrarea datelor experimentale.* Editura Tehnică, București, 1959.

[4] Schatteles, T. *Modelul în științele economice.* Editura Politică, București, 1967.

[5] Ionescu, C., Iordache, V., Moineagu, C., Postelnicu, V., Schatteles, T. *Metode statistice de cercetare a corelațiilor în economie.* Ed. Acad. R.S.R., București, 1967.

(Articol intrat în redacție la 8 mai 1968)

CRONICĂ

DE LA COMITETUL NAȚIONAL ROMÂN AL MARILOR BARAJE

Comitetul Național Român al Marilor Baraje aduce la cunoștință că între 1 și 5 iunie 1970 va avea loc la Montreal (Canada) cel de-al X-lea Congres al Comisiei Internaționale a Marilor Baraje.

Tematica generală este divizată în patru chestiuni, după cum urmează:

Chestiunea nr. 36. *Progrese recente pentru studierea și construirea barajelor de pămînt și din anrocamente*

1. Noutăți tehnice.
2. Mijloace pentru limitarea sau evitarea fisurării.
3. Remedii de adus în caz de fisurare.
4. Folosirea materialelor disponibile.
5. Baraje din anrocamente studiate pentru a rezista deversărilor.

Chestiunea nr. 37. *Progrese recente pentru studierea și construcția barajelor și rezervoarelor situate în aluviuni adînci, în terenuri carstice sau terenuri dificile*

1. Fundația și sprijinirea barajului.
2. Injecții și ecrane.
3. Infiltrații: determinare și control.
4. Drenare.

Chestiunea nr. 38. *Controlul barajelor și al rezervoarelor în exploatare*

1. Organizare.
2. Metode de observare.
3. Inspectare și decizii indispensabile.
4. Rezultate.

5. Sedimentare.
6. Evoluții defavorabile în aval.
7. Probleme speciale legate de punerea în funcțiune și consecințe ale acesteia.
8. Modificări biologice și climatice.
9. Factori de securitate.
10. Garanți.

Chestiunea nr. 39. *Progrese recente în studiul și construcția barajelor din beton*
1. Noi tehnici de producție a materialelor și punerea în operă.
2. Mijloace pentru evitarea fisurării.
3. Remedii de adus în caz de fisurare.
4. Rezistența împotriva agenților agresivi.

În vederea participării la acest congres, Comitetul Național Român va prezenta 8 rapoarte (maximum 3 rapoarte pentru fiecare chestiune).

Pentru elaborarea acestor rapoarte, Comitetul Național Român solicită specialiștilor propuneri.

În legătură cu modul de prezentare a rapoartelor se dau următoarele recomandări :

— Fiecare raport va trata una din cele patru chestiuni din programul congresului și va fi redactat în limba franceză sau engleză.

— Rapoartele nu vor depăși 15 pagini imprimate. Formatul paginii imprimate este de 240×145 mm, cuprinzînd 45 rînduri a 65 semne, și figuri ale căror dimensiuni maxime vor fi de 195×105 mm. (Spațiul figurilor și schițelor se include în aceste 15 pagini ; nu este însă inclus rezumatul care trebuie să însoțească raportul, dacă nu depășește 400 cuvinte.)

— Dactilografierea se va face în 3 exemplare la dublu interval, pe o singură față.

— Fiecare raport va fi însoțit de un rezumat redactat în ambele limbi.

— Ilustrațiile se vor prezenta sub formă de fotografii sau desene. Fotografiile vor fi clare, pe hîrtie lucioasă, iar desenele pe calc în tuș (plus 2 copii), folosindu-se o scriere destul de groasă pentru a rămîne vizibilă și după reproducere. Acestea nu vor depăși formatul de 30×50 cm, pentru a se asigura o bună reproducere. În cadrul desenului nu trebuie să figureze nici un cuvînt ; litere sau cifre vor trimite la legenda imprimată în josul figurii. Aceste legende, ca și titlurile diagramelor sau figurilor vor fi redactate în limba franceză și engleză.

Pînă la data de 15 decembrie 1968, autorii urmează să prezinte o notă cuprinzînd :

— Titlul raportului propus.

— Numele, calificarea profesională și funcțiile autorilor raportului.

— Un scurt rezumat al raportului (400 cuvinte).

— Chestiunea din tematică în care se propune includerea raportului.

Textul integral al rapoartelor, acceptate de Comitetul Național Român, va trebui să fie prezentat acestuia pînă la 15 aprilie 1969.

Informații suplimentare se vor putea cere la Secretariatul Comitetului — telefon : 14.68.89.

Recenzii

V. I. NITU, H. ALBERT și M. BRĂDESCU. Metode statistico-probabilistice utilizate în energetică. Editura Tehnică, București 1968, 314 p.

Raționamentele și metodele cu caracter matematic capătă o pondere tot mai mare în organizarea științifică a producției, și, alături de cercetarea operațională, un rol deosebit în aceste metode îl au teoria probabilităților și statistica matematică. Tendința de matematizare este departe de a-și fi atins apogeul și tratarea statistică a informației realizează zilnic noi cuceriri în domeniul producției. Acest salt calitativ în gîndirea inginerească este demonstrat încă o dată prin volumul recent apărut în Editura Tehnică ,,Metode statistico-probabilistice utilizate în energetică''.

Pornind de la teza că dezvoltarea sistemelor electroenergetice din ultimele două decenii a condus la maturizarea energeticii, și ca urmare dirijarea judicioasă a unui astfel de sistem nu mai poate fi întemeiată numai pe experiența dobîndită, fiind necesare metode științifice de investigare a fenomenelor, în acest volum autorii prezintă, pe baza unei bogate bibliografii, diversele metode moderne apărute recent în literatura mondială cu numeroase exemple și aplicații.

Partea întîi a volumului, extrem de scurtă, are un caracter introductiv, prezentînd cîteva considerații generale asupra modelării matematice a fenomenelor în energetică și asupra studiului informațiilor furnizate de funcționarea sistemelor energetice. De asemenea, în această parte se prezintă evoluția aplicării teoriei probabilităților în energetică.

Expunerea metodelor științifice de investigație începe propriu-zis cu *partea a doua* a cărții. În această parte se face întîi o prezentare, aplicată pe exemple din energetică, a proceselor stochastice de tip Markov, prezentîndu-se relațiile Chapman — Kolmogorov, fundamentale în teoria lanțurilor Markov. De asemenea, sînt prezentate procesele Poisson și cîteva elemente din teoria selecției, necesare estimării anumitor parametri de calcul. Partea a doua continuă cu expunerea problemei siguranței în funcționare a unui complex alcătuit dintr-un singur element, exprimînd probabilitatea ,,stării de succes'' la un moment oarecare, numărul mediu al ,,refuzurilor'', durata totală medie de defect și funcționare într-un interval dat și probabilitatea funcționării neîntrerupte a complexului într-un interval dat. Apoi se tratează siguranța complexelor alcătuite din mai multe elemente, studiul siguranței schemelor de comutație și factorii care influențează siguranța (opririle preventive, influența vîrstei elementelor).

În *partea a treia* (prognoza consumului de putere și energie electrică), după cîteva elemente introductive, sînt date noţiuni generale relativ la seriile dinamice şi testele neparametrice de independenţă, necesare analizei acestor serii. De asemenea se prezintă modelul liniar al regresiei simple şi utilizarea metodei celor mai mici pătrate. Cu ajutorul acestora se prezintă dezvoltarea producţiei de energie electrică într-o perioadă determinată şi prognoza vîrfurilor curbei de sarcină.

Partea a patra a volumului, referitoare la siguranţa sistemelor energetice, prezintă două grupe de metode de calcul privind planificarea dezvoltării unui sistem electroenergetic. În prima grupă este expusă metoda de calcul datorită lui G. Calabrese, adecvată pentru descrierea comportării sistemului în decursul unei perioade îndelungate de timp, şi cea datorită lui H. Halpern şi H. A. Adler, care suplineşte unele lacune ale primei. În antiteză cu aceste metode, este prezentată metodologia propusă de C.I. Baldwin, C. H. Hoffmann şi alţii, bazată pe aplicarea teoriei jocurilor şi pe metoda Monte Carlo. Această metodă, care modelează evoluţiile posibile ale unui sistem energetic ca o îmbinare posibilă de evenimente aleatorii (avarii), cu decizii (opriri planificate, sporiri de putere etc.), corespunde noţiunii matematice de ,,joc" şi se dovedeşte a fi cel mai adecvat mijloc pentru o analiză complexă a sistemelor electroenergetice.

Întreaga expunere este amplu ilustrată prin exemple concrete de calcul. Îmbinarea expunerilor teoretice cu aplicaţiile pentru cazuri specifice instalaţiilor şi sistemelor energetice dă cărţii nu numai un caracter aplicativ şi util, dar şi unul didactic. Studiind cartea, ea sugerează şi alte aplicaţii ale metodelor bazate pe statistica matematică şi invită, pe parcurs, la o mai aprofundată cunoaştere a acestei discipline matematice, la cercetarea în paralel a unor manuale pur matematice în acest domeniu, al căror conţinut este pus într-o lumină concretă de acest volum.

Cartea scrisă de V. I. Nitu, H. Albert şi M. Brădescu invită cadrele inginereşti, în special pe cele cu vechime în exploatare, la o schimbare de concepţie şi este totodată o dovadă în plus că cercetarea operaţională şi statistica matematică constituie o condiţie ,,sine qua non" a oricărei decizii ştiinţifice în organizarea producţiei.

Ing. **L. Luca**

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE. **Instrucţiuni de pază contra incendiilor pentru ramura energiei electrice şi termice.** Oficiul de documentare şi publicaţii tehnice. Bucureşti, 1968, 96 p.

Pe baza iniţiativei Consiliului de Miniştri al Republicii Socialiste România, pentru ca la toate locurile de muncă să se cunoască măsurile necesare pentru înăbuşirea, din primele momente ale producerii, a incendiilor capabile să mistuiască importante bunuri materiale, pînă la începutul anului 1968 toate ministerele economice şi organizaţiile eeconomice socialiste, obşteşti şi cooperatiste au coordonat elaborarea de instrucţiuni de pază contra incendiilor pe ramură, în cadrul cărora s-au întocmit şi instrucţiunile formînd obiectul prezentei recenzii, elaborate prin grija Ministerului Energiei Electrice.

Lucrarea cuprinde două părţi, şi anume :

I. *Instrucţiuni de pază contra incendiilor (PCI), generale şi comune mai multor ramuri de producţie.*

II. *Instrucţiuni de prevenire a incendiilor, specifice ramurii energiei electrice şi termice.*

Capitolul 1, *Generalităţi*, cuprinde domeniul de aplicare al instrucţiunilor, cu enumerarea hotărîrilor Consiliului de Miniştri şi a actelor normative elaborate de Ministerul Afacerilor Interne şi Comitetul de Stat pentru Construcţii, Arhitectură şi Sistematizare, pe baza cărora s-au conceput instrucţiunile. Acelaşi capitol tratează şi despre comisiile tehnice şi formaţiile PCI pe unităţi, respectiv despre organele lor înlocuitoare şi despre organizarea măsurilor ce trebuie luate la locurile de muncă, pentru limitarea începuturilor de incendiu sau stingerea lor, pînă la sosirea organelor de pompieri, şi despre eliminarea pericolelor de incendiu care există în unităţi, respectiv la locurile de muncă.

În capitolul 2, *Reguli privind fumatul şi folosirea focului deschis*, se indică măsurile pentru stricta limitare a acestora, în care se cuprind în special sudura cu flacără oxi-acetilenică şi cu arc electric, stabilindu-se anumite locuri pentru fumat, precum şi principiul de a se autoriza numai anumite persoane pentru lucrările cu foc deschis şi în anumite cazuri, pe baza unui permis special, pentru care se prescrie un formular în anexă, la textul instrucţiunilor.

Capitolul 3, *Reguli de folosire a sistemelor de încălzit*, se ocupă în primul rînd de regulile ce trebuie să le respecte sistemele de încălzire centrală şi locală, pentru a nu constitui cauze de incendiu, şi mai ales de caracteristicile sobelor cu combustibili solizi şi gazoşi şi coşurile lor.

În capitolul 4, *Reguli de folosire a aparatelor şi instalaţiilor electrice*, se dau norme pentru menţinerea în bună stare şi fără defecte a acestora, executarea montajelor de către instalatori autorizaţi şi controlul temperaturilor, precum şi reguli pentru locurile unde toate acestea ar putea provoca incendii.

Capitolul 5, *Reguli de folosire a sistemelor de ventilaţie*, se referă în special la evitarea incendiilor şi chiar a exploziilor datorite prafurilor şi lichidelor combustibile şi vaporilor inflamabili şi amestecurilor explozive, ce ar putea apărea în instalaţiile respective.

O importanţă deosebită, în paza contra incendiilor, o au asigurarea *ordinii şi curăţeniei, în incinta obiectivelor energetice care formează obiectul* capitolului 6, întrucît nerespectarea măsurilor respective a condus la incendii, ce au adus pagube importante în economia ţării.

Capitolul 7, *Lucrări de organizare a şantierelor*, cuprinde reguli pentru încălzirea construcţiilor provizorii, păstrării accesibilităţii drumurilor şi obiectelor periclitate, în caz de incendiu, asigurarea alimentării cu apă a şantierelor şi depozitării pe şantiere a materialelor cu pericol de incendiu şi explozie, cu trimiteri la capitolul 8, *Reguli generale de depozitare a diferitelor materiale*, care dau o deosebită atenţie păstrării şi manipulării lichidelor şi gazelor inflamabile şi comprimate, substanţelor explozive şi carbidului.

În capitolul 9 se dau *reguli generale de întreţinere şi folosirea maşinilor-unelte şi utilajelor*, — cu aceleaşi observaţii ca la instalaţiile electrice, adăugînd măsurile de precauţie la curăţirea cu petrol a pieselor componente —, iar în capitolul 10 *reguli generale cu privire la materiale şi lichide combustibile, introduse în secţii şi ateliere.*

Măsurile de pază contra incendiului, pentru diverse ateliere (de tîmplărie, mecanice, electrice, de tinichigerie, galvanizare, şlefuit, finisare, reparaţii auto şi garaje, laboratoare şi încăperi administrative) sînt cuprinse în capitolul 11 al instrucţiunilor.

Prima parte a acestora se încheie cu capitolul 12, *Întreţinerea mijloacelor şi instalaţiilor de stingere a incendiilor*, privind, pe de o parte, măsurile de întreţinere pentru *mijloacele de stingere iniţiale* (cele manevrate în primul moment de către personalul prezent la locurile de muncă, pînă la venirea pompierilor) şi *pentru utilajele şi materialele servind la dotarea formaţiilor de pompieri* (hidranţi, instalaţii de sprinclere şi drencere, rezervoare de apă şi pneumatice, staţii de pompe şi pompe pentru stins incendii, instalaţii de stingere cu bioxid de carbon şi cu spumă, instalaţii de anunţare şi semnalizare a incendiilor).

În partea a doua a lucrării se includ capitolele numerotate între 13 şi 35, referitoare la diferitele categorii de instalaţii energetice :

— Instalaţii de alimentare cu combustibil solid, cu combustibil lichid şi cu combustibil gazos.

— Instalaţii de cazane (prevenirea incendiilor la pornirea cazanelor şi în timpul exploatării lor ; măsuri de luat în cazul declanşării incendiilor, în sălile de cazane şi în apropierea lor) ; conducte şi instalaţii de alimentare.

— Instalaţii de turbine cu abur.

— Instalaţii de epurarea apei şi reţele de termoficare.

— Instalaţii de motoare Diesel şi de turbine cu gaze ; gospodării de ulei.

— Partea electrică : Generatoare (cu referire specială la cele răcite cu hidrogen), compensatoare sincrone şi motoare electrice, transformatoare şi autotransformatoare, bobine de stingere, de şuntare şi de reactanţă, instalaţii de distribuţie (circuite primare), baterii de acumulatoare.

— Instalaţii de măsurat, protecţie, automatizări, control, comandă şi telemecanizare.

— Gospodării de cabluri în centrale, stații și posturi electrice.

— Instalații de producere și distribuție a aerului comprimat; alimentarea cu energie electrică a pompelor de incendiu.

— Linii electrice aeriene.

În toate acestea se prevăd măsurile necesare pentru evitarea formării, în încăperile respective, a amestecurilor explozive sau inflamabile și a scurgerilor de lichide combustibile, respectiv a evacuărilor, cînd ele se formează; evitarea supraîncărcărilor instalațiilor și izolarea corespunzătoare a conductorilor electrici, respectiv evitarea producerii în instalații a unor temperaturi periculoase. Totodată, se prevăd măsuri de izolare sau separare a părților comportînd riscuri de incendiu — în special în cazul gospodăriilor de cabluri —, precum și măsuri pentru stingerea începuturilor de incendiu.

Instrucțiunile sus-menționate vor putea fi îmbunătățite și completate la fiecare doi ani, pe baza propunerilor unităților subordonate Ministerului Energiei electrice.

Ing. **Vlad Rădulescu**

o

Informații tehnice

Producția de energie electrică nucleară în cele nouă țări vestice în 1967. În ordinea producției, nouă state vestice, Anglia, S.U.A., Italia, Franța, R. F. a Germaniei, Japonia, Canada, Belgia și Suedia au produs în cele 36 centrale nucleare un total de 40,95 GWh. Locul întîi îl ocupă Anglia, cu 24,85 GWh, adică 60,7%, locul cinci fiind ocupat de R. F. a Germaniei, cu 1,23 MWh, adică 3% din total.

(ETZ nr. 9, 1968, p. 264)

Conferința informativă ținută în 4—5 aprilie 1968 în Elveția asupra posibilităților industriei în construirea centralelor nucleare și față de exigențele tehnicii nucleare. După ce se arată stadiul construcțiilor de centrale nucleare în țările vestice și perspectivele pînă în 1980, se dă o tabelă pentru repartiția costului unei centrale nucleare de 600 MW cu reactor cu apă sub presiune.

Astfel, față de totalul investiției în procente, se împarte costul pe capitole:

Instalațiile tehnice de mașini	
— instalațiile de generatoare de abur	26,5%
— partea de producție a energiei electrice	24,4%
— conducte și izolații	7,5%
	51,4%
Instalațiile electrotehnice	
— transformatoare, instalații de conectare, motoare, instalații auxiliare, cabluri	11,8%
— întreținere, comandă, instrumente	5,4%
	17,2%
Partea de construcție	
— construcția reactorului	10,9%
— clădirea mașinilor, instalații de apă de răcire, ateliere, depozite, clădirea administrației	10,6%
— încălzire, climatizare, mașini și aparate de ridicat, ascensoare	2,9%
	24,4%

(ÖZE nr. 6, 1968)

Hidrocentrala de pe Dunăre Walsee — Mitterkirchen. Această centrală a fost pusă în funcțiune la 29 martie 1968, după un timp total de construcție de 31 luni. La această lucrare s-au executat săpături și transporturi de pămînt de 13 milioane m^3, s-a turnat 1 milion m^3 beton, 1 milion t granit, s-au instalat 10 000 t mașini și 7 400 t piese de construcție din oțel pentru construcțiile hidraulice. Puterea totală este de 210 MW cu o producție anuală de 1315 GWh, din care 567 GWh în semestrul de iarnă și 748 GWh în semestrul de vară.

(ÖZE nr. 6, 1968)

Un studiu recent emite o nouă ipoteză asupra originii obiectelor denumite „farfurii zburătoare" ca fiind datorate fenomenului corona de-a lungul liniilor de înaltă tensiune. Acestea ar fi plasmă luminoasă din aer ionizat sau o formă deosebită a fulgerului sferic.

(Electrical Review vol. 182, nr. 19, 1968)

Un sistem static de reglaj al puterii reactive. O nouă schemă statică de reglaj a puterii reactive este folosită cu rezultate satisfăcătoare, din 1966, la West Boldon, Marea Britanie. La secundarul reglabil al unui transformator 63/33 kV se pot conecta o bobină de reactanță și o baterie de condensatoare de 60 MVAr. Variația puterii se face în trepte de (în medie) 3,75 MVAr. Întreaga instalație (incluzînd schema de automatizare) asigură un timp de răspuns de cîteva secunde, timp acceptabil pentru exploatarea normală. Pentru cazurile de avarii este prevăzut un bloc de condensatoare comutabil automat.

(Electrical Review vol. 182, nr. 18, 1968)

Nivelul puterilor transportate în 1980. Deoarece se prevede ca la nivelul anului 1980 puterile unitare ale grupurilor generatoare în S.U.A. să atingă valoarea de 2 000 MW, s-a pus problema puterilor necesare a fi transportate pe linii la căderea unui asemenea grup. Cercetările începute la Pittsfield (Massachusetts) preconizează nivele de 1000—1300 kV ale liniilor de transport de foarte înaltă tensiune.

În Marea Britanie, actuala tensiune de 400 kV asigură nivelul necesar al puterilor de transport pînă în anul 1980.

Dezvoltarea centralelor nucleare, ca și experiența transportului în curent continuu pot evidenția și alte căi de rezolvare a problemei.

(Electrical Review vol. 182, nr. 19, 1968)

CEGB studiază posibilitatea centralelor cu cicluri termice combinate. Utilizarea combinată a turbinelor cu gaz cu cele cu abur (120 MW în turbina cu abur și 40 MW în turbina cu gaze) ar conduce la obținerea următorilor indicatori:

— investiții 36 lire (față de 50 lire/kW) pentru o centrală de 2000 MW;

— costuri de exploatare 0,45 penny/kWh.

Prin recuperarea căldurii de la ieșirea turbinei cu gaz (considerată la 850°C) randamentul va crește de la aproximativ 23% la 37%.

Asemenea centrale combinate vor fi mai flexibile în exploatare și vor conduce și la o micșorare a cheltuielilor în rețelele de transport.

(Electrical Review, vol. 182, nr. 19, 1968)

Caracteristicile tehnice ale tipurilor de reactoare

Tipul de bază	Apă uşoară		Apă grea		Gaz		
Tipul	DWR	WR	SGHWR	CANDU	Magnox	AGR	HTR
Temperatura maximă a mediului de răcire, °C	300	280		290	410	650	750
Presiunea aburului, at	50 ... 70			40	50	160 ... 180	
Temperatura aburului, °C	Abur saturat				400	525 ... 565	
Supraîncălzire intermediară, °C	270				400	525 ... 565	
Randamentul, %	30 ... 34			28...30	30...34	40 ... 43	

(După: Gilli, V. P. *Gesichtspunkte zur Wohl des Reaktortyps für das erste österreichische Kernkraftwerk.* Elektrotechnik und Maschinenbau, 1968, nr. 2, p. 197–209)

Prevedere privind dezvoltarea nucleară în ţările vestice

Sursa	Puterea nucleară instalată în GWe			
	1965	1970	1975	1980
Faulkner	5,5	25	91	225
Burus şi Denton	5,5	27	93	246
A. D. Little	5,5	30	140	300

Sursa	Necesarul de uraniu cumulat exprimat în 10^3 t U_3O_8		
	1970	1975	1980
Faulkner	38	156	409
Burus şi Denton	38	176	530
A. D. Little	40	250	700

Rezervele de uraniu ale ţărilor vestice, în milioane tone U_3O_8

Categoria după preţ \$/1b U_3O_8	Rezereve sigure	Rezerve presupuse	Total
5 ... 10	0,68	0,68	1,36
10 ... 15	0,72	0,50	1,22
15 ... 30	0,57	1,07	1,66
30	circa 4000 (în apa mării)		

(După: Neutwich, A. A. Brennstoffversorgung und Brennstoffkreislauf. Elektrotechnik und Maschinenbau, 1968, nr. 2, p. 238–250)

Rezervele de petrol şi gaz natural ale lumii

	Petrol		Gaz natural	
	10^9 t	%	10^{12} t	%
America	10,08	17,8	11,545	34,4
Orientul Apropiat	34,10	60,1	6,249	18,6
Restul Asiei şi Australiei	1,65	2,9	1,219	3,6
Africa	5,70	10,0	4,735	14,1
Europa de vest	0,25	0,5	3,737	11,1
Europa de est	4,96	8,7	6,116	18,2
Total în lume	56,74	100,0	33,600	100,0

(BWK nr. 5, 1968, p. 241–244)

Reactor Schneider. EdF a comandat la grupul Schneider primul bloc pentru centrala nucleară Fessenheim. Acest bloc este de 740 MW$_e$, cu reactor cu uraniu natural răcit cu gaz şi moderat cu grafit, de tipul EdF-4.

Situaţia centralelor nucleare franceze. Chinon-1 (70 MW$_e$) s-a oprit din aprilie din cauza defectării unui schimbător de căldură, a defectării unui element combustibil şi a unui rotor de la suflanta principală. Chinon-2 (200 MW) după repunerea în funcţiune la 12.4.1968, din cauza problemelor determinate de elementele combustibile, a mers pînă la începutul lunii mai numai cu 180 MW. La Chinon-3 (480 MW), după cuplarea unui al doilea turbogrup la 29 martie 1968, punerea în funcţiune întîrzie din cauza defectarii unui schimbător de căldură. Monts d'Arrée (70 MW, HWGCR) repus în funcţiune la 7 aprilie 1968 s-a oprit la 3 mai 1968, din cauza defectării unui schimbător de căldură.

Centrala nucleară italiană Trino scoasă din funcţiune. Centrala nucleară Trino-Vercellese, de 272 MW$_e$, cu reactor cu apă sub presiune, va rămîne scoasă din funcţiune pînă la finele anului 1968. Această centrală a fost oprită în aprilie 1967, din cauza defectelor la fixarea celor trei părţi ale plăcii termice ca urmare a proceselor de oscilaţie. Firma furnizoare ,,Westinghouse'' face cercetări aprofundate, întrucît acelaşi defect s-a produs şi la centrala nucleară Sena.

Reactorul japonez de 50 MW JMTR pentru încercarea materialelor, instalat la noul centru de cercetări Oharai a devenit critic la 30 martie 1968. Acest reactor a costat 21,25 milioane dolari.

Pentru proiectata centrală nucleară de 300 – 400 MW s-au primit şapte oferte: ,,Westinghouse'' (S.U.A.) pentru PWR; AECON-AEG – NV$_e$ pentru BWR; Verolme şi ALEC (Belgia) pentru PWR; ,,General Electric'' cu ,,Brown-Boweri'' pentru BWR; ASEA pentru BWR; Siemens pentru BWR; TNPG (Anglia), pentru AGR şi HTR.

USAEC a aprobat construirea centralei nucleare Fort Calhoun 1, pe Missouri, în Nebraska, de 457 MW$_e$, cu reactor cu apă sub presiune, prin ,,Combustion

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

Utilizarea crescîndă a turbinelor cu gaz

Țara	Turbine mari	Turbine mici	Total
Africa	130	22	152
Asia	329	74	403
Australia	9	19	28
Europa	534	739	1273
Canada	176	51	227
America de sud	299	20	319
S U A	1704	2779	4483
Total în lume	3181	3704	6885

BWK nr. 5, 1968, p. 241–244)

Engineering". Costul total cu combustibil fără linia de transport se ridică la 82,3 milioane $ și termenul este de 13,5 luni.

Comandă de uraniu de 87 milioane $ la Westinghouse. ,,Tenessee Valley Authority" a comandat la ,,Westinghouse", pentru cele două reactoare cu apă sub presiune, combustibilul necesar pînă în 1984. Costul acestui combustibil se ridică a 87 milioane $, adică cu 15 milioane $ mai mult decît costul reactoarelor. Costul specific al combustibilului pentru prima încărcare este de 12,5 c/Mio. · BTU, fără cheltuieli de transport.

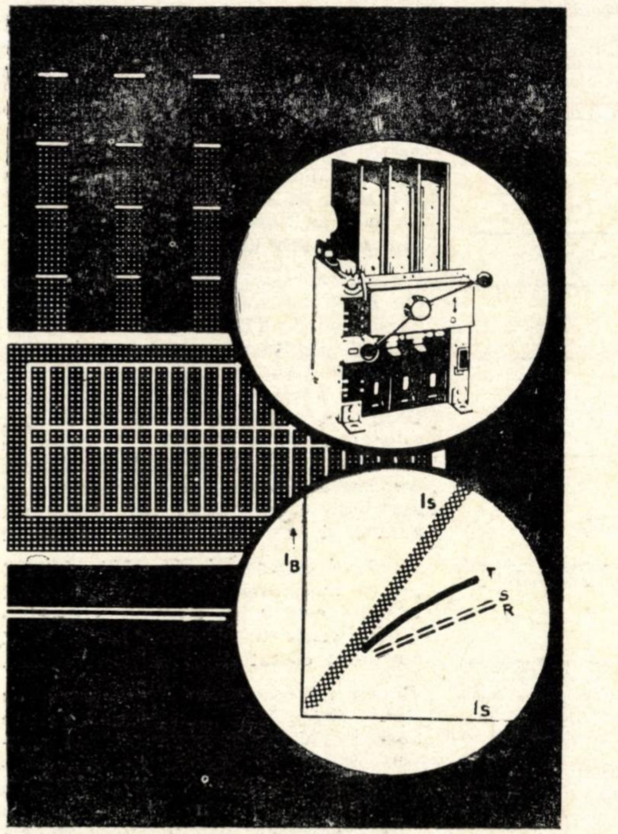
(Automwirtschaft-Atomtechnik nr. 7, 1968, p. 333–342).

Surse de neutroni pentru Obrigheim. Pentru punerea în funcțiune a centralei nucleare Obrigheim, s-au transportat, pentru prima dată pe calea aerului, două surse de neutroni, executate de ,,Monsanto Company" din St. Louis (S.U.A). Aceste surse conțin poloniu 210 și beriliu, introduse în oțel inoxidabil. Poloniu 210 emite o radiație α foarte puternică, cu o valoare în timp de 136,3 zile. Ambele surse livrează rotund 109 neutroni pe secundă. Barele de 2 m lungime și 10 mm grosime, au fost introduse într-un recipient masiv din plăci rezistente din fibră, îmbrăcat în interior cu oțel și plumb. Greutatea mare totală de 4,3 t se datorește în cea mai mare parte recipientului de protecție.

(Brennstoff – Wärme – Kraft nr. 7 1968, p. (341 – 344)

——— o ———

ÎNTRERUPTOARE DE PUTERE — O PROTECȚIE SIGURĂ A INSTALAȚIILOR ELECTROTEHNICE ÎN TOATE RAMURILE INDUSTRIALE



Întreruptoarele noastre de putere EL 250, 400 și 630, precum și întreruptorul de putere limitator de curent EBL 1000 sînt aparate moderne făcînd parte din tehnica aparatelor de comutare de joasă tensiune. Producerea întreruptoarelor de putere după principiul bloc asigură posibilitățile cele mai variate de modificări.

Caracteristicile întreruptoarelor noastre de putere sînt:
– Stăpînirea unor curenți înalți de scurtcircuit
– O durată lungă din punct de vedere mecanic — un număr mare de comutări
– Capacitate considerabilă de comutare — siguranță maximă de funcționare.

Exportator:

Exportkontor Elektroapparate prin întreprinderea Deutscher Innen- und Aussenhandel

Elektrotechnik

DDR 104 BERLIN
CHAUSSEESTRASSE 111/112
REPUBLICA DEMOCRATĂ GERMANĂ

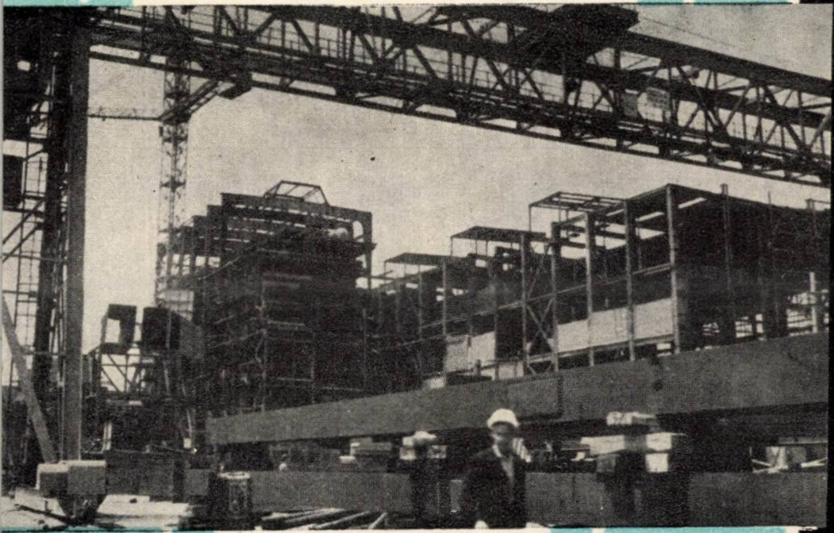
Pe cei interesați îi rugăm să se adreseze la: Biroul tehnico-comercial al Ambasadei R.D.Germane în R. S. R., Secția Comercială, Calea Dorobanți nr. 14, București, R.S. România

EAW

Revista ,,ENERGETICA", organ al Ministerului Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R. S. România (CNIT). Redacția: București, Splaiul Independenței nr. 49, Sectorul 6, Tel. 13 66 83; 13 00 53. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament: 059001 B.N.R.S.R. – Sectorul 6. Tarif pentu întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri lei 30 anual. Prețul unui exemplar lei 5.—Tiparul: Întreprinderea Poligrafică ,,Informația", București—c. 5424

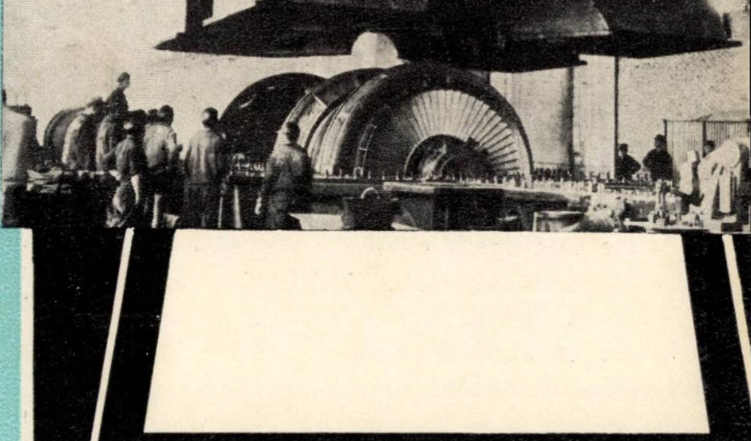
Taxele poștale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.T. nr. 10/1095, 1976

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT
1983



INTREPRINDEREA

Energomontaj

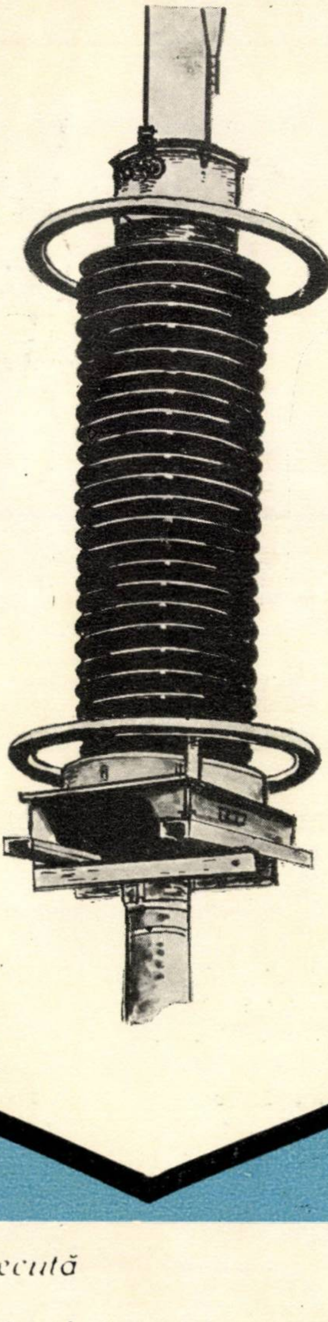


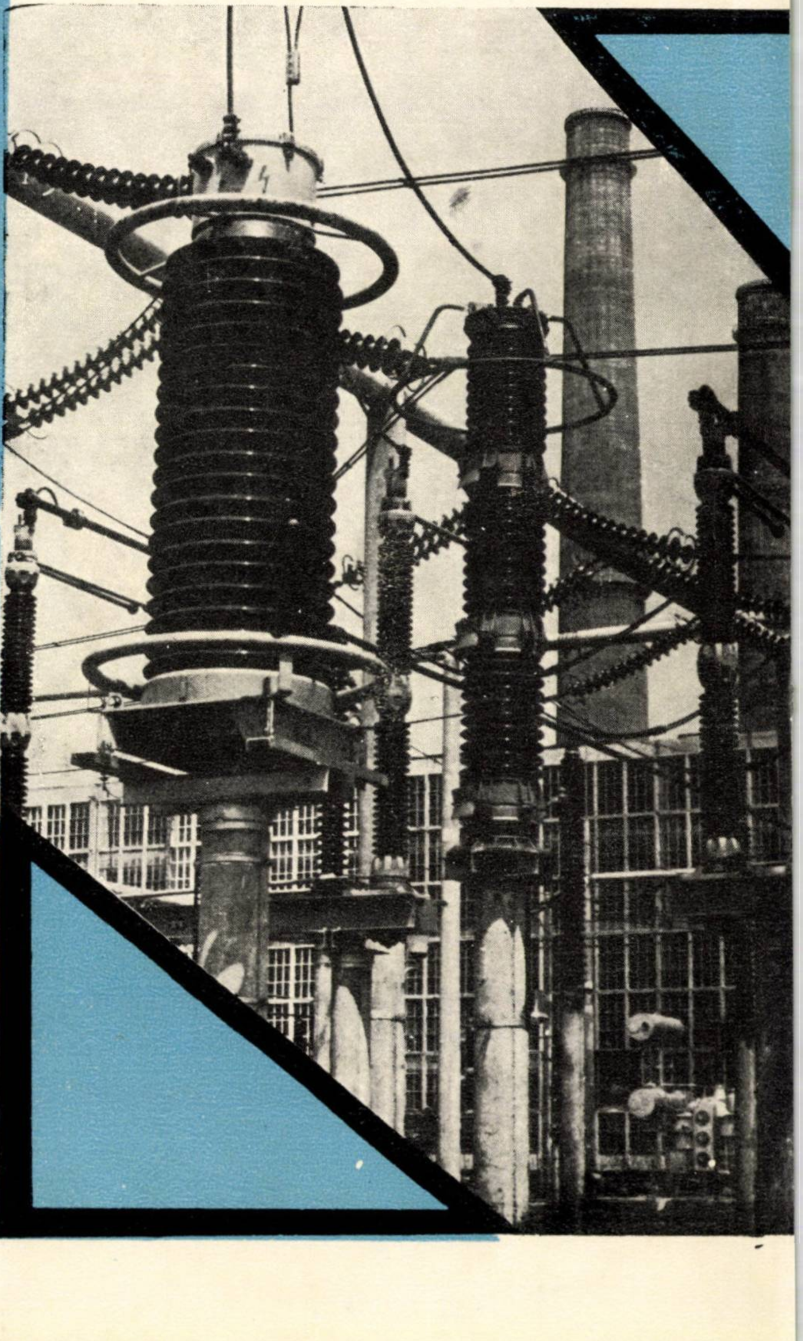
Execută lucrări de montaj:

- Cazane de abur cu parametri ridicați:
  - — 500 t abur/h, 215 at, 514°C
  - — 640 t abur/h, 140 at, 570°C
- Turbine cu abur de la 6 MW la 315 MW
- Turbine cu gaze
- Turbine hidraulice de la 5,5 MW la 170 MW
- Compensatoare sincrone
- Instalații termomecanice auxiliare ale centralelor termoelectrice și echipament hidromecanic
- Instalații electrice de joasă, înaltă și foarte înaltă tensiune
- Instalații de măsură, control și automatizare

INTREPRINDEREA ELECTROMONTAJ

CLUJ





Execută

- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuție
- Rețele electrice în cablu subteran pînă la 35 kV
- Stații de transformare 35-400 kV
- Stații de distribuție și posturi de transformare
- Rețele de iluminat public
- Electrificări rurale

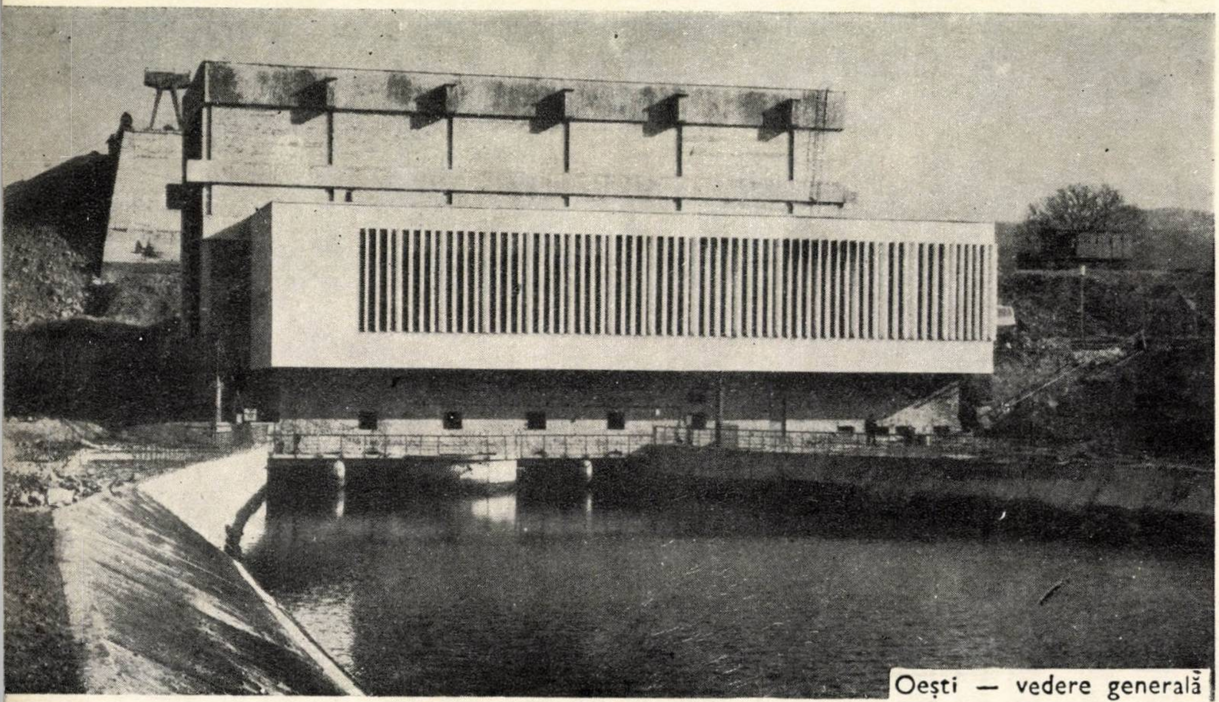
Intreprinderea

ELECTROMONTAJ

SIBIU

Execută

- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuţie
- Reţele electrice în cablu subteran pînă la 35 kV
- Staţii de transformare 35-400 kV
- Staţii de distribuţie şi posturi de transformare
- Reţele de iluminat public
- Electrificări rurale



Oești — vedere generală

Întreprinderea Centrala hidroelectrică Argeș, cu sediul în comuna Corbeni, județul Argeș, furnizează energie electrică sistemului energetic național prin centralele sale.

- — CHE Argeș, de 220 MW.
- — CHE Oești, de 15 MW.
- — CHE Albești, de 15 MW.

Prin exploatarea rațională a lacului de acumulare, creat prin barajul Vidraru, se furnizează anual o cantitate de circa 450 mil. kWh energie electrică.

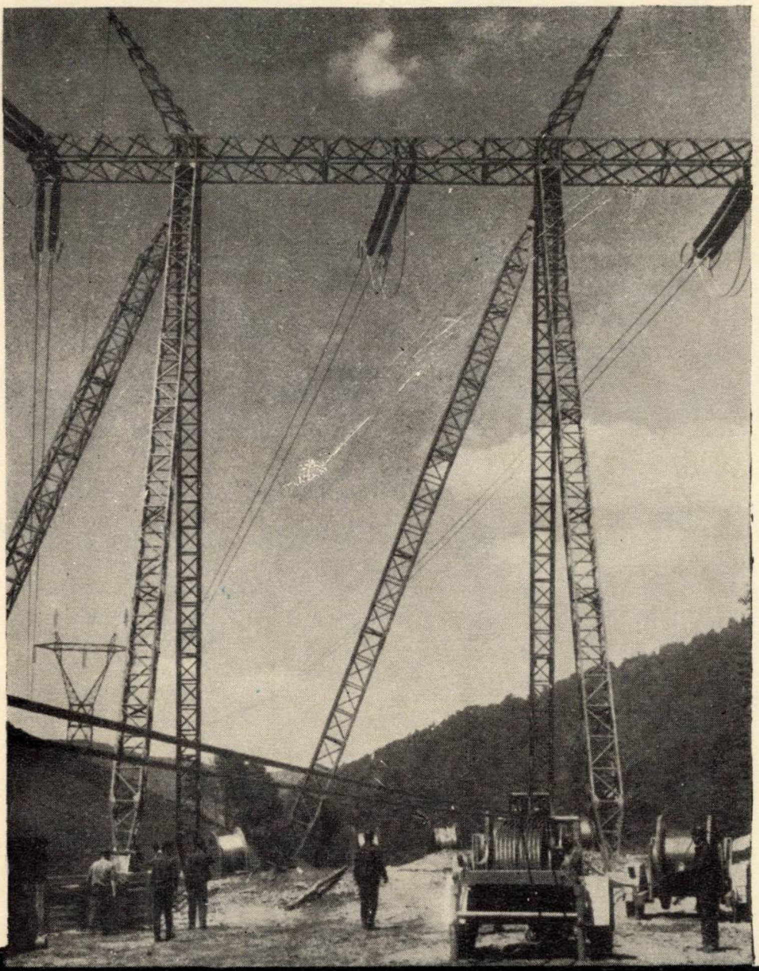
Energia electrică furnizată, injectată la tensiunea de 400 kV, alimentează consumatorii industriali din zonă, printre care Combinatul de aluminiu Slatina.

i·c·h·arges

INTREPRINDEREA

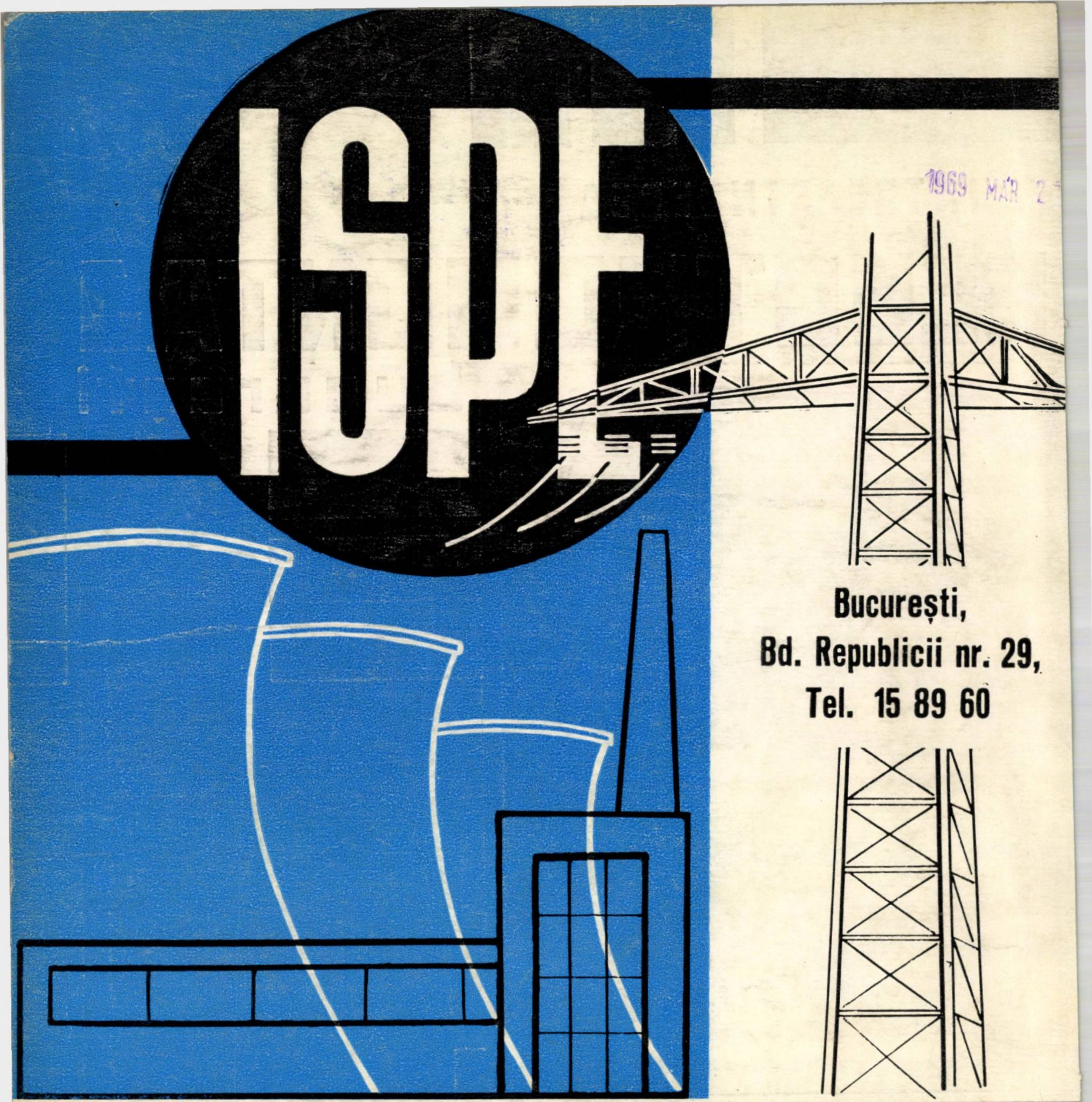
ELECTROMONTAJ

bucureşti



Execută

- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuţie
- Reţele electrice în cablu subteran pînă la 35 kV
- Staţii de transformare 35-400 kV
- Staţii de distribuţie şi posturi de transformare
- Reţele de iluminat public
- Electrificări rurale



1969 MAR 2

București,
Bd. Republicii nr. 29,
Tel. 15 89 60

elaborează:

- studii de amenajări complexe de sisteme energetice
- studii de centrale electrice de condensație și termoficare
- studii de rețele complexe de termoficare urbană și industrială

acordă asistență tehnică

- pentru stabilirea echipamentului tehnologic la lucrări energetice, execuție și punere în funcțiune

proiectează:

— centrale termoelectrice
— rețele de termoficare

elaborates the studies for:

- complex power systems
- thermal power plants and combined heat and power plants
- district and industrial heating networks

designs

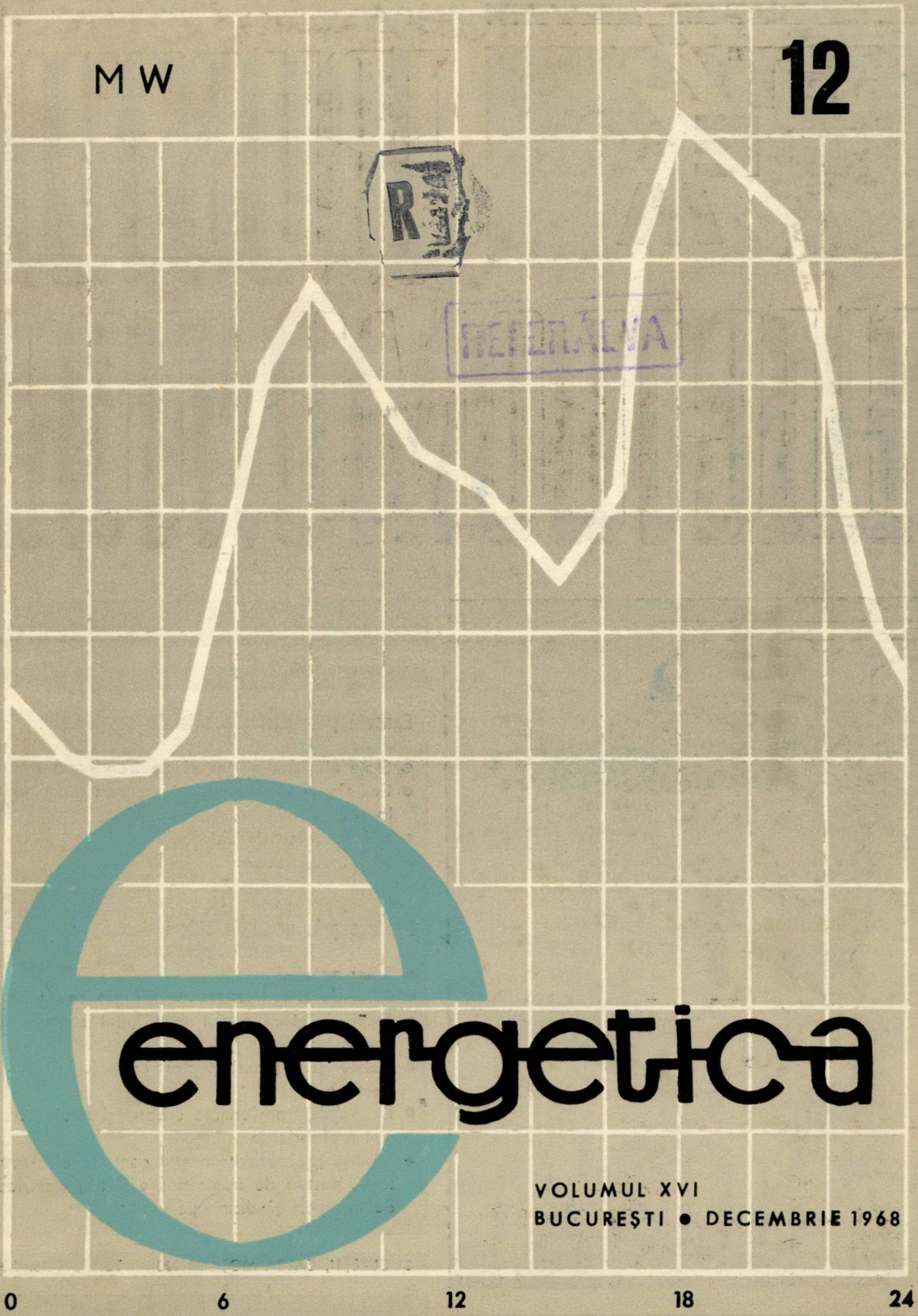
- thermal power plants
- district and industrial heating networks

gives technical assistance

- for the erection and starting of power equipment

E 2039

12


MW
0
6
12
18
24

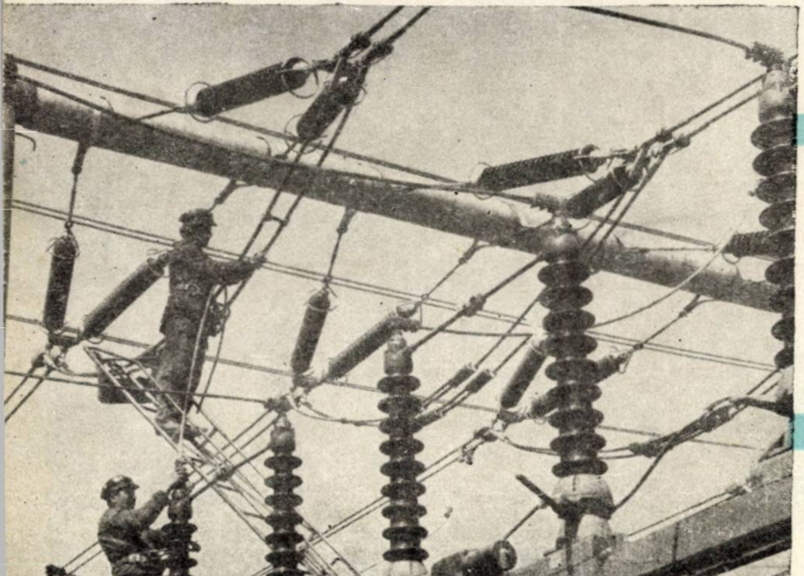
R
REFERÁLVA

energetica

VOLUMUL XVI
BUCUREȘTI • DECEMBRIE 1968

TEM

TRUSTUL ELECTROMONTAJ



Execută prin unitățile sale de construcții:

- Stații electrice și posturi de transformare
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuție
- Electrificări rurale

Produce prin unitățile sale industriale:

- Stîlpi metalici
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionați
- Celule și panouri pentru centrale și stații electrice
- Posturi de transformare urbane și rurale complet prefabricate
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, stații, posturi de transformare și linii electrice de transport și distribuție

BUCUREȘTI, CALEA MOȘILOR 158 TELEFON 16.63.30

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 16 nr. 12 DECEMBRIE

Cuprinsul

Georgescu, Ad. **Însemnătatea Conferinței Internaționale a Marilor Rețele Electrice (CIGRE) și a sesiunii din acest an pentru energeticienii din țara noastră** 529–530

* * * **Lucrările celei de-a 22-a sesiuni a Conferinței Internaționale a Marilor Rețele Electrice (CIGRE)** 530–536

Berbece, C. **Analiza, cu ajutorul calculatorului, a patru scheme de reglare a temperaturii aburului la un cazan de 420 t/h** 536–544

Vlădea, I., Derigault, A. și Feldmann, V. **Valorificarea căldurii fizice a zgurelor metalurgice** 545–548

Manea, I. și Ionescu, Vl. **Automatizarea cascadelor de centrale hidroelectrice funcționînd pe firul apei** 549–557

Pantea, Al. **Considerații privind blocarea protecției de distanță, la dispariția tensiunilor alternative, pe linii în rețele cu neutrul legat direct la pămînt** 558–561

Ene, M. **Aspecte noi ale folosirii calculului matricial în studiul rețelelor electrice** 562–568

CRONICĂ

RECENZII

INFORMAȚII TEHNICE

CUPRINSUL REVISTEI „ENERGETICA" VOL. 16 (1968)

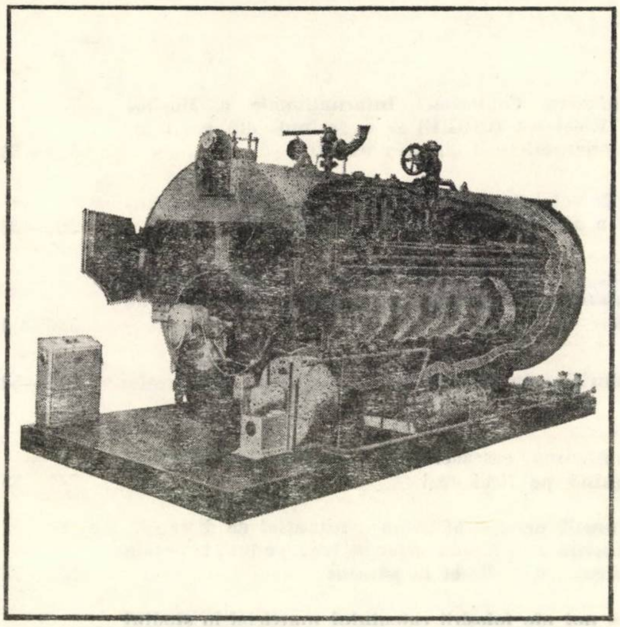
COMITETUL DE REDACȚIE

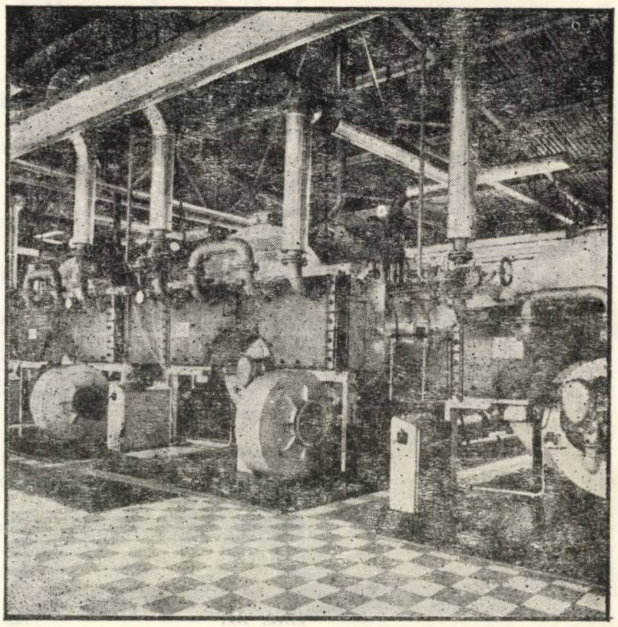
Prof. ing. I. D. STĂNCESCU, redactor responsabil, ing. G. IORGULESCU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, ing. ST. BERENGHI, conf. ing. A. COGĂLNICEANU, conf. ing. E. CONSTANTINESCU, ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, laureat al Premiului de Stat, ing. H. FURTUNESCU, ing. L. LUCA, ing. B. MARCU, ing. A. MĂCRIȘ, conf. ing. C. MIHĂILEANU, conf. ing. V. NIȚU, ing. A. SPINU

OFICIUL DE DOCUMENTARE ȘI PUBLICAȚII TEHNICE
AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE

Cazane de constructie compactă

STANDARD-CONDOR-KESSEL





Cazan cu trei drumuri de gaze, combinat cu tub de flacără şi ţevi de fum, echipat cu o cameră de întoarcere a gazelor de ardere, răcită cu apă, fără zidărie, montat pe un cadru. Pregătit pentru intrarea în funcţiune, cu toate instalaţiile necesare unei funcţionări complet automate. Instalaţia de ardere este construită pentru arderea păcurii, gazelor sau arderea combinată a păcurii şi a gazelor. Reglajul arderii se face în trepte sau continuu, cu adaptare exactă la debitul momentan al cazanului. Funcţionarea cazanului este asigurată printr-un sistem electronic împotriva oricăror deranjamente posibile. Printr-o funcţionare de probă făcută în fabrică, cazanul este reglat pentru debitul efectiv. Cazanul se montează fără fundaţie. După ce s-au racordat conductele de combustibil, de apă, de abur şi instalaţia electrică, cazanul este în stare de funcţionare.

STANDARD-CONDORKESSEL (cazanele Condor-standard) s-au verificat în toate domeniile termoenergeticii şi electroenergeticii. Ele se utilizează la presiuni înalte pentru producerea de abur saturat şi supraîncălzit, la joasă presiune şi pentru apă supraîncălzită. Există peste 30 de mărimi de cazane cu debite de abur de la 160 kg/h la 20 t/h. Presiunea atinge 25 kgf/cm², în funcţie de mărimea cazanului. Pentru valori mai mari, producem STANDARD-PORTAKESSEL (cazane Porta-standard), cazane acvatubulare de construcţie compactă.

STANDARDKESSEL DUISBURG

SKG STANDARD

R. F. a Germaniei

41 Duisburg
Wilhelmshöhe
☎ 02131 / 3 43 41
0855 650

СОДЕРЖАНИЕ

Џжорджеску, Ад.: **Значение Международной Конференции Крупных Электросетей и сессии этого года для энергетиков нашей страны**

Engeticera 16 (1968). №. 12. стр 529–530

ДК 621.316.1 : 061.3

Работы 22 сессии Международной Конференции Крупных Электросетей.

Energetica 16 (1968). №. 12. стр. 530–536

ДЌ 621.18 : 681.32

Бербече, К.: **Анализ четырёх схем регулирования пара в котле 420 т/ч, при помощи вычислительной машины**

Сравниваются результаты схем регулирования температуры пара, установленные при помощи аналоговой вычислительной машины ИРМЭ. Сравнение схем осуществляется посредством динамических характеристик котла ТГМ — 84 при работе турбинного агрегата.

Energetica 16 (1968) №. 12. стр. 536–544

ДК 662.99 :621.311.2

Влэдя, И., *Дериго, А.* и *Фельдманн, В.*: **Использование физического тепла металлургических шлаков**

Приводится метод по использованию физического тепла металлургических шлаков для производства электроэнергии. Для этого охлаждают тёплую воду из грануляционного бассейна приблизительно на 10 гр. в тёплообменнике, нагревая этой температурой воду вторичного цикла. Посредством частичного испарения в вакууме, создаётся водяной пар 80—85°С, которым возможно осуществить пуск паровой турбины.

Energtica 16 (1968). №. 12. стр. 545–548

ДК 621 : 311.21–52

Маня, И. и *Ионеску, Вл.*: **Автоматизация в поддержании неизменного уровня для ряда гидроэлектростанций, работающих на бытовом стоке**

Излагаются вопросы в связи с комплексной автоматизацией гидроэлектростанций, работающих на канале, а именно: вопрос автоматического регулирования уровня вод канала. Приводятся два варианта, соответствующих двум возможностям регулирования уровня.

Energetica 16 (1968). №. 12. стр. 549–557

ДК 621.315.1 :621.316.93

Пантя, Ал.: **Соображения относительно блокировки дистанционной защиты при исчезновении переменного напряжения на линиях электросетей с непосредственно заземлённой нейтралью.**

Приводятся вкратце отдельные способы блокировки дистанционной защиты при исчезновении переменного напряжения в сетях с непосредственно заземлённой нейтралью. Анализируется предложенная автором схема.

Energetica 16 (1968). No. 12. стр. 558–561

ДК 621.316.1 :512.83

Ене, М.: **Новые аспекты применения матричного вычисления в исследовании электросетей**

Используются матричные топологические методы в исследовании электросетей и применяется метод установленных значений в случае электроэнергетических сетей с трансформаторами.

Energetica 16 (1968). №. 12. стр. 562–568

INHALTSVERZEICHNIS

Georgescu, Ad. : **Die Bedeutung der internationalen Konferenz der grossen elektrischen Netze und der diesjährigen Tagung für die Energetiker unseres Landes**

Energetica 16 (1968). H. 12. S. 529–530

DK 621.316.1 : 061.3

Die Arbeiten der 22. Tagung der internationalen Konferenz der grossen elektrischen Netze (CIGRE)

Energetica 16 (1968). H. 12. S. 530–536

DK 621.18 :681.32

Berbece, C. : **Untersuchung verschiedener Wärmeschaltbilder zur Steuerung der Dampftemperatur bei 420 t/h-Dampfkesseln**

Es werden die Leistungen einiger mit Hilfe eines von IRME gebauten Analogrechners ermittelten Wärmeschaltbilder zur Dampftemperatursteuerung dargestellt. Der Vergleich der Schaltbilder erfolgt and Hand der dynamischen Merkmale eines Kessels Bautype TGM-84 bei Blockschaltung mit einer Turbine.

Energetica 16 (1968). H. 12. S. 536–544

DK 662.99 : 621.311.2

Vlădea, I., *Dérigault, A.* und *Feldmann, V.* : **Nutzung der fühlbaren Wärme von Hüttenschlacken**

Verfahren zur Nutzung der fühlbaren Wärme von Hüttenschlacken werden erörtert. Die Temperatur des heissen Wassers aus dem Granulationsbecken wird zu diesem Zwecke um etwa 10 Grad in einem Wärmeaustauscher verringert und die Wärme einem Nebenkreis übertragen. Durch Teilverdampfung unter Vakuum wird Wasserdampf bei 80—85°C erzeugt, mit welchem eine Dampfturbine gespeist werden kann.

Energetica 16 (1968) H. 12. S. 545–548

DK 621.311. 21–52

Manea, I. und *Ionescu, Vl.* : **Automatisierung der Einhaltung konstanter Pegelstände bei Ketten von Flusskraftwerken**

Es werden einige mit der Automatisierung der auf einem Fluss befindlichen Wasserkraftwerke in Zusammenhang Stehenden Fragen untersucht und zwar in Bezug auf die automatische Regelung des Pegels im Flussbett. Es werden zwei der vorhandenen Regelung Möglichkeiten des Pegelstandes dargestellt.

Energetica 16 (1968). H. 12. S. 549–557

DK 621.315.1 :621.316.93

Pantea, Al. : **Betrachtungen über Sperrung des Fernschutzes bei Ausfall der Wechselspannung in Netzen mit Starr geerdetem Nullpunkt**

Es werden kurz verschieden Möglichkeiten der Sperrung des Fernschutzes bei Ausfall der Wechselspannung in Netzen mit starr geerdetem Nullpunkt dargestellt. Ein vom Verfasser vorgeschlagenes Schaltbild wirt erörtert.

Energetica 16 (1968). H. 12. S. 558–561

DK 621.316.1 : 512.83

Ene, M. : **Neue Anwendungen der Matrixrechnung bei Berechnung elektrischer Netze**

Topologische Matrixverfahren bei Berechnung elektrischer Netze sowie mit determinierenden Grössen im Falle von Netzen mit Umspannanlagen werden angewendet.

Energetica 16 (1968). N. 12. 562–568

SOMMAIRE

Georgescu, Ad. : **L'importance de la Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques et de la session de cette année pour les spécialistes de notre pays**

Energetica 16 (1968), no. 12, p. 529–530

CD 621.316.1 : 061.3

Les travaux de la 22-ème Session de la Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE)

Energetica 16 (1968), no. 12, p. 530–536

CD 621.18 : 681.32

Berbece, C. : **Analyse de quelques schémas de réglage de la température de la vapeur pour une chaudière de 420 t/h, à l'aide d'un calculateur**

Comparaison entre les performances de quatre schémas de réglage de la température de la vapeur établis à l'aide d'un calculateur analogique IRME. Cette comparaison est faite en utilisant les caractéristiques dynamiques de la chaudière TGM-84 opérée en bloc avec la turbine.

Energetica 16 (1968), no. 12, p. 536–544

CD 662.99 : 621.311.2

Vlădea, I., Derigault, A. et *Feldmann, V.* : **Utilisation de la chaleur physique des laitiers**

Les auteurs présentent une méthode permettant d'utiliser la chaleur physique des laitiers sidérurgiques pour la production d'énergie électrique. Dans ce but l'eau chaude du réservoir de granulation est refroidie avec environ 10° dans un échangeur de chaleur, chauffant ainsi l'eau d'un circuit secondaire. Une évaporation partielle sous vide produit de la vapeur à une température de 80–85°C, pouvant entrainer une turbine à vapeur.

Energetica, 16 (1968), no. 12, p. 545–548

CD 621.311.21–52

Manea, I. et *Ionescu, Vl.* : **L'automatisation du maintien d'un niveau d'eau constant pour une chaîne de centrales hydroélectriques opérées au fil de l'eau**

Cet article traite quelques problèmes concernant l'automatisation complexe des centrales hydroélectriques opérant sur un canal et s'arrête sur le problème du contrôle automatique du niveau d'eau du canal, pour lequel on présente deux alternatives correspondant à deux possibilités de régulation du niveau.

Energetica 16 (1968), no. 12, p. 549–557

CD 621.315.1 :631.316.93

Pantea Al. : **Considérations sur le blocage de la protection de distance en cas de chute de tension alternative sur les lignes de réseaux au neutre mis directement à la terre**

Succinte présentation de différents modes de blocage de la potection de distance en cas de chute de la tension alternative dans des réseaux au neutre directement mis à terre. Analyse d'un schéma proposé par l'auteur.

Energetica 16 (1968), no. 12, p. 558–561

CD 621.316.1 : 512.83

Ene, M. : **Quelques aspects nouveaux de l'emploi du calcul matricial dans l'étude des réseaux électriques**

Méthodes topologiques matricielles pour étudier les réseaux et application de la méthode des grandeurs déterminantes dans le cas de réseaux électriques avec transformateurs.

Energetica 16 (1968), no. 12, p. 562–568

CONTENTS

Georgescu, Ad. : **The importance of the CIGRE and of the session of this year for the specialists of our country**

Energetica 16 (1968), nr. 12, p. 529–530

DC 621.316.1 : 061.3

Proceedings of the 22-nd Session of the CIGRE

Energetica 16 (1968), nr. 12, p. 530–536

DC 621.18 : 681.32

Berbece, C. : **Computer analysis of some steam temperature control diagrams for a 420 t/h boiler**

A comparative presentation of four steam temperature control diagrams, set up by using the IRME analog computer. The comparison is made by using the dynamic characteristics of the TGM-84 boiler

Energetica 16 (1968), nr. 12, p. 536–544

DC 662.99 : 621.311.2

Vlădea, I., Derigault, A. and *Feldmann, V.* : **Utilisation of the physical heat of high furnace slags**

The authors present a method for the use of the physical heat of high furnace slags for producing electric power. For this purpose, hot water from the granulation tank is cooled in a heat exchanger (by approx. 10°) and thus heats water in a secondary circuit. A partial evaporation under vacuum forms water steam at 80–85°C, that may move a steam turbine.

Energetica 16 (1968), nr. 12, p. 545–548

DC 621.311.21–52

Manea, I. and *Ionescu, Vl.* : **The automation of constant water level maintaining for a series of run of water power stations**

The authors discuss some problems concerning the complex automation of hydroelectric power stations sited along a channel particularly the automatic control of the water level in the channel. They offer two alternatives corresponding to two possible regulations of the level.

Energetica 16 (1968), nr. 12, p. 549–557

DC 621.315.1 :621.316.93

Pantea, Al. : **Considerations of the lock-out of distance protections at alternative voltage drops on lines of networks with directly earthed neutres**

A short presentation of the various ways of locking out the distance protection upon alternative voltage drops, in networks with directkly earthed neutres. A diagram proposed by the author is examined.

Energetica 16 (1968), nr. 12, p. 558–561

DC 621.316.1 : 512.83

Ene, M. : **New aspects of the use of matrix calculation for the study of power systems**

The author uses topologic matrix methods for the study of power networks and applies the method of determinant magnitudes to power networks with transformers.

Energetica 16 (1968), nr. 12, p. 562–568

Însemnătatea Conferinței Internaționale a Marilor Rețele Electrice (CIGRE) și a sesiunii din acest an pentru energeticienii din țara noastră

Adrian Georgescu
președintele Comitetului Național Român CIGRE,
adjunct al ministrului energiei electrice

Conferința Internațională a Marilor Rețele Electrice (CIGRE) are ca scop principal organizarea unui larg schimb de experiență între specialiști, prin organizarea dezbaterii problemelor de specialitate în cadrul unor comitete de studii, care se întrunesc de 1—2 ori pe an, și organizarea la fiecare doi ani a unei sesiuni care întrunește la Paris ingineri electricieni specialiști în probleme de înaltă și foarte înaltă tensiune dintr-un mare număr de țări.

Începînd din 1921, sesiunile s-au ținut cu regularitate, cu o întrerupere între 1939 și 1946, reunind un număr de participanți în continuă creștere.

Între 21 și 31 august 1968 a avut loc la Paris cea de-a 22-a sesiune CIGRE, la care au luat parte aproximativ 2000 de delegați din 50 de țări.

Pentru a face față numărului crescînd de delegați și cerințelor moderne de îmbunătățire a condițiilor de lucru, atît lucrările sesiunii pe grupe de lucru cît și pe comitete de studii au avut loc în clădirea de conferințe a UNESCO — construită recent la Paris pe Avenue de Suffren.

În cadrul sesiunii s-au purtat discuțiile în 13 grupe de lucru, care sînt grupate în 4 secții, și anume :

Secția 1. *Fabricarea și exploatarea echipamentelor folosite pentru producerea, transformarea energiei electrice și întreruperea curentului electric* (*alternatoare, transformatoare, întrerupătoare*).

Secția 2. *Construcția, izolarea și întreținerea liniilor electrice aeriene și subterane* (*cabluri, stîlpi, fundații, conductori și izolatoare de linii electrice aeriene*).

Secția 3. *Exploatarea, protecția și interconexiunea rețelelor* (*protecție și relee, concepția și funcționarea rețelelor, supratensiuni și trăsnet, variații bruște de tensiune, cauze și consecințe*).

Secția 4. *Tensiuni peste 220 kV* (*foarte înalte tensiuni alternative, foarte înalte tensiuni continue*).

În timpul sesiunii au avut loc de asemenea reuniuni ale comitetelor de studii, atît în forma lor veche, care cuprinde 19 comitete, cît și în forma lor nouă, avînd 14 comitete. Reorganizarea acestor comitete a ținut seama de evoluția tehnicii, regrupînd problemele în funcție de noile necesități.

În cadrul sesiunii CIGRE au fost organizate o serie de vizite tehnice, și anume la : centrala nucleară Saint-Laurent des Eaux, stația de interconexiune 400/220 kV Sierentz, cascada de centrale hidroelectrice de pe Valea Rinului, centrul de cercetări de la Marcoussis etc.

Însemnătatea acestei sesiuni rezultă în modul cel mai elocvent în primul rînd din examinarea concluziilor discuțiilor din cadrul grupelor de lucru, care au scos în evidență o serie de realizări și direcții noi în toate specialitățile, acestea urmînd a fi explicitate în raportul detaliat al delegației.

La această sesiune, țara noastră a participat cu o delegație formată din 11 persoane, reprezentînd sectorul energiei electrice și industriei electrotehnice, organizații de cercetări, proiectări, construcții și exploatare.

Delegația noastră a participat la lucrările sesiunii, ale unor comitete de studii și la vizitele tehnice organizate în cadrul CIGRE.

De asemenea, unii dintre delegații noștri au vizitat în afara sesiunii CIGRE : Centrala termoelectrică Porcheville B (primul grup francez de 600 MW pus în funcțiune), Dispecerul național francez și pe cel al regiunii pariziene, Centrul de cercetări și încercări al EdF de la Chatou, Serviciul de studii de rețele și calcul automat al aceleiași organizații etc.

Rapoartele prezentate de țara noastră la sesiune, în cadrul cotei de două rapoarte ce ne-a fost alocată, au fost următoarele :

— Raportul 11—08 — *Criterii pentru alegerea parametrilor mașinilor sincrone și a sistemului de excitație, ținînd cont de caracteristicile rețelelor electrice*; autori : C. Apetrei, C. Bălă, L. Groza și G. Cantaragiu.

— Raportul 32—15 — *Influenţa structurii şi a dezvoltării reţelei române asupra alegerii puterii unitare a grupurilor*; autori: V. Nitu, P. Dimo, P. Iancovici, N. Bordeianu, C. Goldenberg, E. Arie, M. Constantinescu, N. Terdiman şi A. Soci.

Aceste rapoarte au fost comentate favorabil.

Pe lîngă prezentarea realizărilor în domeniul reţelelor electrice din ţara noastră, cu ocazia sesiunii s-au stabilit noi relaţii între specialişti, respectiv s-au consolidat cele existente, luîndu-se totodată cunoştinţă despre cele mai noi tendinţe ale tehnicii din domeniul de activitate al CIGRE, a căror aplicabilitate în condiţiile din ţara noastră urmează să fie studiată de către organizaţiile noastre interesate.

În articolul următor se vor prezenta pe scurt problemele discutate şi concluziile principale la care s-a ajuns, precum şi lista completă a rapoartelor susţinute în cadrul sesiunii, urmînd ca dări de seamă mai detaliate să fie publicate în numerele următoare ale revistelor „Energetica" şi „Electrotehnica", arătîndu-se totodată materialele obţinute şi indicaţiile asupra posibilităţilor de valorificare de către organizaţiile interesate a experienţei cîştigate prin participarea delegaţiei ţării noastre la această sesiune a CIGRE.

Lucrările celei de-a 22-a sesiuni a Conferinţei Internaţionale a Marilor Reţele Electrice (CIGRE)

Paris — august 1968

În cadrul sesiunii au fost prezentate şi discutate 122 rapoarte, dintre care 13 ale comitetelor de studii, împărţite pe următoarele grupe:

Grupa 11 — Alternatoare.
Grupa 12 — Transformatoare.
Grupa 13 — Întrerupătoare.
Grupa 21 — Cabluri de înaltă tensiune.
Grupa 22 — Stîlpi şi fundaţii pentru linii aeriene.
Grupa 23 — Conductori pentru linii aeriene.
Grupa 25 — Izolatoare.
Grupa 31 — Protecţie şi relee.
Grupa 32 — Concepţia şi funcţionarea reţelelor.
Grupa 33 — Supratensiuni şi trăsnet.
Grupa 36 — Variaţii bruşte de tensiune. Cauze şi consecinţe.
Grupa 42 — Tensiuni foarte înalte de curent alternativ.
Grupa 43 — Tensiuni foarte înalte de curent continuu.

În acest an nu s-au discutat următoarele grupe de probleme: grupa 14 (Uleiuri), grupa 16 (Staţii), grupa 17 (Condensatoare), grupa 34 (Telemăsură).

Delegaţii ţării noastre, care au participat la lucrările tuturor grupelor de lucru, au fost următorii (în ordinea alfabetică): C. Apetrei, T. Ciubotaru, P. Dimo, G. Drăgan, A. Georgescu, L. Groza, G. Hortopan, D. Lăzăroiu, V. Partenie, C. Penescu, R. Răduleţ.

În cadrul sesiunii, delegaţii români au avut un număr de 22 intervenţii în aproape toate grupele de lucru.

În afară de aceasta, delegaţii români au participat la lucrările comitetelor de studii după cum urmează:

Comitete vechi:

Comitetul 4 — Relee — C. Penescu
Comitetul 5 — Izolatoare — G. Drăgan
Comitetul 8 — Supratensiuni — G. Drăgan
Comitetul 12 — Transformatoare — T. Ciubotaru
Comitetul 13 — Concepţia reţelelor — P. Dimo, L. Groza.
Comitetul 17 — Alternatoare — C. Apetrei, P. Dimo şi R. Răduleţ.
Comitetul 19 — Variaţii bruşte de tensiune — P. Dimo.

Comitete noi:

Comitetul 15 — Materiale izolante — G. Drăgan.
Comitetul 34 — Protecţie, automatizare şi echipamente de telecomandă — C. Penescu.

În cele ce urmează se vor arăta principalele probleme discutate şi concluziile la care s-a ajuns în cadrul grupelor de lucru:

Grupa 11 — Alternatoare

În cadrul acestei grupe s-au discutat 10 rapoarte, grupate pe următoarele probleme:

1. *Generatoarele-motoare pentru centralele hidroelectrice de pompaj*

În privinţa alegerii momentului de inerţie şi a raportului de scurtcircuit, s-a constatat că este posibilă menţinerea valorilor naturale mici, cu excepţia unor cazuri speciale care trebuie calculate din punctul de vedere al stabilităţii statice şi dinamice.

În ceea ce priveşte pornirea asincronă, se constată că aceasta este în general preferată; însă este necesar un calcul detaliat pentru verificarea căderii de tensiune, încălzirii şi duratei admisibile de pornire.

Se constată că soluţia optimă pentru acest tip de grupuri încă nu a fost găsită, fiind necesare în continuare studii şi experienţă de exploatare.

2. *Probleme mecanice ale generatoarelor mari*

S-a emis părerea ca recomandările în legătură cu dimensionarea grupurilor hidro la supraturaţie să fie mai puţin severe, corespunzînd unei măriri de calcul a suprasolicitărilor cu numai 50%.

3. *Dimensionarea şi caracteristicile generatoarelor mari şi sistemelor de excitaţie*

S-a arătat că răcirea generatoarelor hidro cu apă în stator conduce la o scădere importantă a greutăţii specifice a acestora (kg/kVA).

Un loc important în discuţii l-au avut parametrii alternatoarelor şi ai sistemelor de excitaţie corelat cu caracteristicile reţelei (Raportul românesc 11.08), din discuţii rezultînd că structura reţelei are o influenţă importantă asupra acestor parametri.

În privinţa tipurilor de sisteme de excitaţie s-a constatat că actualele scheme moderne pot satisface cerinţele alternatoarelor chiar pînă la 1000 MW.

Grupa 12 — Transformatoare

În cadrul acestei grupe s-au discutat 15 rapoarte, grupate pe următoarele probleme:

I. *Încercări la descărcări parţiale ale transformatoarelor*

1. În prezent este posibilă standardizarea echipamentului pentru măsurarea descărcărilor parţiale.
2. Nu este posibilă stabilirea unei valori numerice pentru descărcările parţiale admisibile, care să fie admise ca bază de garanţie comercială. De asemenea nu se întrevede această posibilitate nici pentru viitor.

II. *Încercările la scurtcircuit ale transformatoarelor*

1. În prezent, transformatoarele de puteri-limită pot fi dimensionate astfel încît să reziste la reţele de putere infinită.
2. Există în prezent posibilitatea încercării în reţea a unor transformatoare avînd puteri în jurul a 300 MVA, putîndu-se trage astfel concluzii pentru dimensionarea transformatoarelor de puteri-limită.
3. Metoda de detectare a defectelor după scurtcircuit, bazată pe încercarea la impuls în joasă tensiune (metoda Timinski), s-a dovedit foarte sensibilă şi foarte eficace, şi din această cauză tinde să se generalizeze.

III. *Detectarea şi diagnosticarea fenomenelor de îmbătrînire şi de defectare a transformatoarelor în exploatare*

1. Starea uleiului din transformator poate fi apreciată în prezent, cu multă precizie, prin metoda cromatografiei.
2. Corelaţia între proprietăţile mecanice ale hîrtiilor izolante şi gradul de polimerizare (PVD) este bună, iar măsurările gradului de polimerizare sînt suficient de reproductibile pentru a face posibilă o diagnosticare a îmbătrînirii transformatorului pe baza măsurării gradului de polimerizare a hîrtiei de izolare a conductorului.

Grupa 13 — Întrerupătoare

În cadrul acestei grupe s-au discutat 11 rapoarte, grupate pe următoarele probleme:

1. *Forma tensiunii de restabilire, pentru defecte la bornele transformatoarelor.* Din discuţii a rezultat că întrerupătoarele pot întrerupe scurtcircuite urmate de o tensiune de restabilire de frecvenţă ridicată şi pantă mare. Totodată s-a definit un al cincilea parametru pentru tensiunea de restabilire, denumit „întîrziere iniţială", în jurul căruia au fost mai multe discuţii.

2. *Defectul kilometric,* care a fost suficient studiat şi precizat încă în dezbaterea anterioară.

3. *Supratensiuni de manevră în reţele de foarte mare tensiune,* care sînt periculoase pentru aparataj şi echipament electric. Pentru atenuarea efectelor periculoase sînt utilizate două soluţii: fie închiderea întrerupătorului la trecerea tensiunii prin zero, fie conectarea liniei printr-o rezistenţă în două trepte.

4. *Aparataj de comutaţie pentru reţele de curent continuu de înaltă tensiune.* Pînă în prezent există două metode de întrerupere a curentului continuu: prin utilizarea circuitelor adiţionale pentru a anula curentul principal sau prin creşterea tensiunii arcului electric.

Grupa 21 — Cabluri de înaltă tensiune

În cadrul acestei grupe s-au discutat 10 rapoarte, grupate pe următoarele probleme:

1. *Cabluri de curent continuu*

S-au făcut aprecieri asupra comportării acestora în optica utilizării pentru legături submarine şi asupra comportării cablurilor cu izolaţie de hîrtie. Materialele sintetice au fost controversate, rămînînd însă interesante pentru viitor. Trebuie efectuate mai departe cercetări privind elucidarea străpungerii în curent continuu.

2. *Cabluri cu izolaţie sintetică*

S-a confirmat tendinţa utilizării polietilenei pînă la 230 kV. Pentru lungimi mari, aceste cabluri sînt dificil de realizat, ca urmare a efectelor nocive ale oricăror impurităţi incluse în masa plastică. Aditivii incorporaţi au o mare eficacitate. În comparaţie cu polietilena normală, cea reticulară prezintă aptitudini mai puţin bune la tensiuni foarte ridicate. Izolaţii sub formă de benzi şi cu ulei sintetic prezintă mari perspective pentru viitor. Izolaţiile extrudate sînt de asemenea recomandate. Încercările pentru studiul descărcărilor parţiale rămîn însă hotărîtoare pentru a determina proprietăţile unui cablu realizat cu o anumită tehnologie, aceste încercări necesitînd în continuare concluzii statistice şi ameliorări ale metodelor.

3. *Transportul unor puteri mari — în înaltă şi foarte înaltă tensiune*

Au suscitat interes în special problemele privind răcirea forţată, cel mai important mijloc de creştere a capacităţii de transport pentru cabluri. Sînt de experimentat, în continuare, soluţiile tehnico-economice pentru răcirea internă, externă sau indirectă. S-a prezentat de asemenea un proiect de cablu 345 kV, 3550 A cu izolant gazos şi o machetă de cablu supraconductor 33 kV, 750 MVA.

Grupa 22 — Stîlpi şi fundaţii pentru linii aeriene

În această grupă au fost supuse discuţiilor un număr de cinci rapoarte, care conţin probleme privind stîlpii şi fundaţiile pentru liniile de înaltă şi foarte înaltă tensiune, orientate spre următoarele probleme principale:

I. *Problemele referitoare la fundaţii*

1. Metodele de calcul pentru fundaţiile supuse eforturilor de smulgere.
2. Metodele şi rezultatele încercărilor fundaţiilor şi influenţa caracteristicilor solului.
3. Procedee de măsurare a caracteristicilor solului.

Grupa de lucru care se ocupă cu aceste probleme şi-a pus ca scop să stabilească o metodă de calcul a fundaţiilor solicitate la smulgere şi un tip de fundaţie care să fie utilizat în majoritatea cazurilor pentru liniile de înaltă tensiune. Acest scop a fost atins ca urmare a studiilor şi probelor de laborator şi şantier efectuate timp de mai mulţi ani şi ale căror rezultate au condus la o nouă metodă de calcul practică a fundaţiilor în cauză.

Metoda de calcul se bazează pe cunoaşterea valorilor coeziunii, a unghiului de frecare internă şi a masei volumetrice a solului, care trebuie să fie măsurate prin apreciere.

Metoda menţionată utilizează o serie de abace şi formule care permit efectuarea calculului cu mai mare rapiditate şi uşurinţă.

II. *Probleme referitoare la stîlpi*

1. Metoda de verificare, rezultatele verificărilor, comportarea în funcţiune şi rentabilitatea.
2. Compararea rezultatelor obţinute în utilizarea stîlpilor ancoraţi şi a stîlpilor rigizi.
3. Influenţa deplasării fundaţiilor.
4. Stîlpi construiţi din materiale noi (oţel rezistent la coroziune, aliaj de aluminiu).

În privinţa lipsei de liniaritate între solicitări şi sarcini pentru stîlpii ancoraţi, s-a scos în evidenţă posibilitatea de rezolvare a acestei probleme cu ajutorul calculatoarelor.

În privinţa încercărilor dinamice s-a constatat că numeroase ţări au trecut la verificarea comportării stîlpilor la eforturi dinamice.

III. *Factori de siguranţă*

Într-o intervenţie românească remarcată s-a arătat modul de utilizare a conceptelor probabilistice, şi anume corelarea posibilităţilor de avarie a tuturor elementelor unei linii: stîlpi, fundaţii, izolatoare etc., în condiţii echivalente de suprasarcină.

De altfel, raportul grupei de lucru privind siguranţa va fi publicat în revista „Electra”.

Grupa 23: **Conductori pentru linii aeriene**

În grupa 23 au fost prezentate şapte rapoarte, conţinînd în principal următoarele probleme, care au fost dezbătute şi în cadrul discuţiilor:

1. *Comportarea conductorilor în exploatare.* Au fost tratate probleme privind experienţa acumulată în exploatare atît în funcţionarea conductorilor simpli cît şi a conductorilor jumelaţi, în ceea ce priveşte vibraţiile şi amortizarea artificială a acestora. Cea mai mare parte a problemelor se referă însă la conductori jumelaţi (doi conductori sau patru conductori pe fază).

Experienţele efectuate au scos în evidenţă faptul că dispoziţia distanţoarelor şi tensiunilor diferenţiale între conductoarele fasciculului au un rol primordial în atenuarea vibraţiilor.

Spre exemplu, experienţele au arătat că la un fascicul din patru conductoare pe fază, dacă perechea superioară are o tensiune mai mare faţă de perechea inferioară, aceasta conduce la agravarea oscilaţiilor conductorilor.

2. *Accesorii pentru conductori*: cleme, mufe, amortizări şi distanţoare. Atît în rapoarte cît şi în cadrul discuţiilor nu au fost evidenţiate tipuri noi de accesorii pentru conductori. Au fost examinate unele probleme privind utilizarea amortizărilor şi distanţoarelor de tipuri cunoscute, pentru anihilarea vibraţiilor conductorilor.

3. *Coeficienţii de securitate.* În această categorie au fost tratate probleme privind intensităţile admisibile ale curentului în conductor ţinînd seamă de efectul cumulativ al coacerii materialului conductorului.

De asemenea au fost examinate probleme referitoare la formarea chiciurii. În unul dintre rapoarte s-a prezentat relaţia dintre metodele probabilistice şi sarcinile raţionale a fi considerate în calculul liniei.

Grupa 25 — **Izolatoare**

În cadrul acestei grupe au fost discutate opt rapoarte, grupate pe următoarele probleme:

a) *Privitor la încercările de poluare artificială*, a rezultat că actualele procedee nu sînt în general valabile, în special în anumite zone de coastă. La încercarea la ceaţă salină s-a preconizat să se adauge şi o încercare la ploaie, după acoperirea suprafeţei izolatorului cu pulbere uscată. În orice caz, izolatoarele de tip ceaţă se comportă totdeauna mai bine în medii poluate. Astfel de izolatoare pot fi studiate şi pe calculator. Corelaţia cu poluarea naturală a fost totdeauna satisfăcătoare dacă încercarea la ceaţă salină s-a făcut în condiţii de cel puţin 2% salinitate. Instalaţiile de măsură trebuie să facă faţă la curenţi de scurgere (scurtcircuit) de ordinul a 10 A.

b) *Privitor la supratensiunile de comutare* s-a constatat reducerea ţinerii în cazul poluării cu 50% şi chiar 60% (poluări foarte intense). Între lungimea izolatorului şi tensiunea de conturnare s-a constatat o corelaţie neliniară, în special ca urmare a umezelii parţiale (pe porţiuni). Pentru liniile lungi, fenomenele sînt încă în studiu.

c) *Privitor la izolatoarele pentru tensiunea de 1100 kV*, poluarea este determinantă, dar problemele sînt şi mai dificile. Aspecte aşa-zise anormale sînt încă de clarificat prin experimentări.

d) *Privitor la comportarea izolatoarelor în curent continuu de înaltă tensiune.* Această problemă este similară cu cea în curent alternativ, cu observaţia că condiţiile sînt mai severe. Factorul de severitate, de 1,3—1,5, sau chiar 1,7, este încă de cercetat.

e) *Privitor la influenţa formei izolatorului în medii poluate*, există scepticism pentru rezultate bune, mai spectaculoase; se aşteaptă şi alte rezultate.

f) *Privitor la spălarea izolatoarelor sub tensiune pe linie.* Este esenţial ca jetul de spălare să fie difuzat ca o ploaie de picături fine. Forme speciale de izolatoare uşurează spălarea. Eficacitatea este proporţională cu debitul de lichid. Se preferă instalaţiile fixe de spălare pe stîlpi şi în staţii. În funcţie de gradul de poluare se alege şi frecvenţa spălărilor.

g) *Privitor la testarea ultrasonică*, se pare că nu este eficace pentru izolatoarele de sticlă.

Grupa 31 — **Protecţie şi relee**

S-au analizat trei categorii de probleme, care au făcut obiectul a 13 rapoarte şi al raportului de sinteză.

1. *Comportarea ansamblului „transformator de măsură şi relee de protecţie”* în regimurile tranzitorii ale reţelelor de transport moderne, caracterizate prin valori mari ale curenţilor de scurtcircuit şi ale constantei de timp a componentei periodice a acestora. S-a insistat asupra condiţiilor electrice impuse de reţele protejate şi asupra erorilor de răspuns ale transformatoarelor de curent, care pot deveni importante după prima semiperioadă, şi a măsurilor pentru diminuarea acestor erori. S-au prezentat rezultatele studiilor şi cercetărilor efectuate în diverse ţări referitor la comportarea sistemelor de protecţie în regimurile tranzitorii.

2. *Evoluţia tehnică a echipamentelor de protecţie tranzistorizate*, în domeniul protecţiei de distanţă şi al protecţiei diferenţiale a barelor.

S-au analizat performanţele prezentate de protecţia tranzistorizată, arătîndu-se că unul din principalele avantaje constă în posibilitatea pe care o oferă de a reduce intervalele selective pentru diversele trepte de acţionare a protecţiei de distanţă. O atenţie deosebită s-a acordat evitării supratensiunilor care pot apărea în circuitele secundare, prin utilizarea ecranelor la cablurile de joasă tensiune, a filtrelor etc.

3. *Alegerea tipului de protecţie* în funcţie de structura reţelelor, cu referire specială la liniile cu derivaţii, la protecţia diferenţială longitudinală şi la tendinţa de reducere a ecartului de timp pentru diversele trepte ale protecţiei de distanţă.

S-a arătat că dezvoltarea reţelelor de transport a condus la utilizarea în mai mare măsură ca în trecut a protecţiilor diferenţiale şi cablurilor-pilot.

S-a propus ca în primul colocviu al grupei de studii care va avea loc în 1969 să se analizeze metodele de încercare şi control al sistemelor de protecţie şi probleme actuale privind protecţia de rezervă a reţelelor de transport.

Grupa 32 — **Concepţia şi funcţionarea reţelelor**

Problemele analizate în cele 15 rapoarte s-au referit la următoarele aspecte:

1. *Aprecierea siguranţei în funcţionare, avarii limitate şi extinse; efectul declanşării automate a sarcinii*

S-au definit cîteva criterii concrete în legătură cu aprecierea cantitativă a siguranţei în funcţionare, care găsesc o primă aplicare în cazul avariilor locale.

2. *Acoperirea sarcinii*

În legătură cu valoarea optimă a puterii unitare a grupurilor a rezultat că alegerea grupului celui mai mare raportat la puterea sistemului are o influenţă economică mai mică, însă trebuie acordată importanţă fiabilităţii grupurilor de putere mare.

S-au arătat avantajele economice ale dezvoltării interconexiunii, rezultînd că o limită teoretică economică a dimensiunii unei reţele interconectate nu poate fi definită, deşi unii autori au propus puteri în jur de 20 000 pînă la 30 000 MW.

În legătură cu avantajele obţinute prin suprapunerea curbelor de sarcină, a rezultat că avantajele economice pot fi foarte mari, justificînd chiar legături în curent continuu. S-a arătat că asemenea legături pot fi avantajoase chiar şi în cadrul unor reţele concentrate.

3. *Aspectul dinamic al siguranţei de funcţionare*

În nici o reţea nu se poate evita total apariţia unor avarii în cascadă şi toate eforturile trebuie făcute pentru evitarea extinderii acestor avarii prin restructurarea artificială a rețelelor, putînd să permită un reglaj ierarhizat pe zone și o eventuală insulare automată a rețelei.

Descărcările automate de sarcină pot fi făcute numai în cazuri cu totul excepționale.

4. *Optimizarea exploatării și metodelor de lucru*

În legătură cu optimizarea exploatării rețelei, se constată că optimizarea mijloacelor de producție poate conduce la economii importante, mergînd pînă la 3% din cheltuielile pentru combustibil. Optimizarea nivelelor de tensiune prezintă un interes mai mult tehnic decît economic, ele privind în primul rînd reducerea eforturilor cu organele de reglaj ale rețelei.

În legătură cu metodele de studiu ale stabilității dinamice s-a constatat că reprezentarea unui ansamblu de generatoare printr-o mașină echivalentă este o problemă destul de complexă care va trebui încă precizată în viitor.

Concluzii

Ca o concluzie generală s-au desprins două probleme de o importanță deosebită, și anume :

— definirea criteriilor de siguranță în legătură cu supraechiparea mijloacelor de producție ;

— limitarea avariilor extinse printr-o alegere corespunzătoare a rețelei.

În cadrul Comitetului de studii nr. 13, aferent acestei grupe, s-a anunțat pregătirea unui raport mixt româno-polon asupra analizei nodale, precum și utilizarea acestei metode în selecționarea probelor de stabilitate ce se vor face în viitor în rețele.

Grupa 33 — **Supratensiuni și trăsnet**

S-au prezentat trei rapoarte de sinteză ale comitetului de studii și trei rapoarte axate pe următoarele subiecte principale :

I. *Noi investigații asupra desfășurării descărcării sub formă de trăsnet.* În discuții s-a arătat că rezultatele determinărilor de 30 ani pe Muntele San Salvatore se pot folosi pentru stîlpi foarte înalți și, în anumite condiții, pentru regiuni deschise.

Solicitările la lovituri de trăsnet pot fi mult mai severe decît solicitările la unde-impuls normalizate de CEI (1,2/50). Această experiență trebuie preluată de R.S. România pentru verificarea condițiilor de siguranță ale LEA din țara noastră.

II. *Performanțele liniilor de înaltă tensiune* pe stîlpi cu elemente constructive de lemn relative la acțiunea trăsnetelor, luînd în considerare proprietățile electrice ale elementelor de lemn. Deoarece soluțiile constructive diferă de soluțiile adoptate în R.S. România, experiența de exploatare este mai greu de preluat.

III. *Tehnica de măsură privind descărcările atmosferice și parametrii curentului de trăsnet.* S-au luat în discuție metode noi de stabilire a caracteristicilor statistice ale tensiunii de conturnare și tendințele de înlocuire a încercării izolației sub ploaie cu încercarea izolatoarelor în condiții de poluare.

Grupa 36 : **Variații bruște de tensiune. Cauze și consecințe**

Discuțiile s-au purtat asupra problemelor semnalate în cinci rapoarte și în raportul de sinteză, și anume :

1. *Aspecte statistice și economice ale căderilor bruște de tensiune* — tehnica de măsură și rezultatele obținute.

Aceste variații bruște de tensiune sînt caracterizate prin amplitudinea și durata lor și pot fi predeterminate pe baza indicelui $(\mathrm{d}Q/\mathrm{d}U)$, în care problemă au contribuit lucrările și intervențiile delegaților români. Considerațiile economice au avut numai un caracter general, aducîndu-se precizări în legătură cu desensibilizarea consumatorilor la variații de tensiune.

2. *Comportarea mașinilor rotative în timpul căderilor de tensiune* a fost examinată într-un stadiu preliminar pentru motoarele asincrone și, mai aprofundat, pentru motoarele sincrone, arătîndu-se îmbunătățirile ce pot fi aduse cu ajutorul reglajelor de tensiune.

3. *Metodele pentru desensibilizarea consumatorilor importanți* se referă în principal la utilizarea compensatoarelor sincrone speciale, a stabilizatoarelor statice (L C), la reglajul automat în sarcină al prizelor transformatoarelor din stațiile receptoare, delestări, insulări de rețea etc.

Grupa 42 — **Tensiuni foarte înalte de curent alternativ**

S-au prezentat cinci rapoarte de sinteză ale Comitetului de studii și cinci rapoarte ale grupei.

Subiectele principale au fost :

1. *Comparația tehnico-economică a transportului în curent alternativ și în curent continuu.* Concluzia ce se trage este că, la tensiuni foarte înalte, transportul în curent continuu începe să devină mai economic. Sînt dificultăți de ordin tehnic care trebuie să fie rezolvate (stabilitatea sistemelor paralele de curent continuu și curent alternativ). Problema trebuie studiată în continuare.

2. *Metode de studiu ale regimurilor de funcționare* (și îndeosebi a supratensiunilor) din rețelele de curent alternativ de foarte înaltă tensiune, prin utilizarea modelelor, a calculatoarelor analogice sau digitale, sau pe baza încercărilor în sistem. Se trage concluzia că metodele de calcul au atins nivelul suficient de perfecționare. În R. S. România s-a folosit cu încredere această cale.

Se studiază în continuare mijloacele de protecție contra supratensiunilor, respectiv performanțele și posibilitățile descărcătoarelor.

3. *Studiul descărcării corona și al perturbațiilor radiofonice.* Începînd cu tensiunea de 750 kV, pierderile prin descărcarea corona sînt comparabile cu cele prin efectul Joule, ceea ce necesită ca să se țină seamă de acestea la calculele tehnico-economice. Pentru tensiuni inferioare, părerile sînt contradictorii. În condițiile R. S. România, această problemă trebuie să fie studiată, deoarece pînă acum nu există concluzii în acest domeniu.

În perspectivă, comitetul de studii se va ocupa de transportul la tensiunile de 1000—1500 kV.

Grupa 43 — **Tensiuni foarte înalte de curent continuu**

S-a prezentat un raport de sinteză al Comitetului de studii și zece rapoarte generale. S-au examinat următoarele probleme :

1. *Instalațiile de transport în curent continuu* (de transformare, de protecție contra supratensiunilor, avantajele tehnico-economice în comparație cu transportul în curent alternativ, utilizarea tiristoarelor).

2. *Controlul și protecția liniilor de transport în curent continuu* (necesitatea studiului efectelor supratensiunilor și alegerea unei protecții corespunzătoare ; necesitatea realizării unor modele de rețea pentru transportul în curent continuu).

Concluziile care au rezultat se axează pe următoarele aspecte :

— rezultatele de exploatare nu sînt încă concludente, existînd multe dificultăți cu reaprinderea arcului în mutatoare și în protecția instalațiilor ;

— sînt încă nelămurite anumite aspecte legate de funcționarea în paralel a instalațiilor de curent continuu și curent alternativ, din punctul de vedere al stabilității, armonicilor produse de mutatoare, filtrare etc. ;

— se remarcă o tendință de ieftinire a echipamentelor terminale (prin introducerea tiristoarelor etc.) ; ținînd seamă și de avantajele pe care le oferă legăturile în curent continuu în privința reducerii curenților de scurtcircuit, ameliorarea stabilității etc., aceste legături încep să devină interesante chiar și pentru distanțe mai mici de 400 km.

Următoarea ședință a Comitetului de studii nr. 14 se va ocupa de mutatoare.

Delegația română la cea de-a 22-a Sesiune a CIGRE

LISTA RAPOARTELOR PREZENTATE LA SESIUNE

Secţia 1 – **Producerea, transformarea şi întreruperea curentului**

Grupa 11 – *Alternatoare*

11–01. P. Laurent şi G. Ruelle: Raport de activitate al Comitetului de studii nr. 17 (Alternatoare), cu anexele următoare:

Anexa 1 – M. P. Kostenko şi I. A. Glebov (U.R.S.S.): „Condiţii anormale de funcţionare a turboalternatoarelor".

Anexa 2 – K. H. Saling (Germania): Extras din raportul de activitate al grupei de lucru: „Probleme mecanice privind hidroalternatoarele".

Anexa 3 – J. Chatelain (Elveţia): Raport prescurtat asupra răspunsurilor la un chestionar din mai 1967 despre uzinele cu pompaj.

11–02. R. M. Gove, A. T. L. Murray, I. H. B. Cheseldine, J. H. Aylward şi M. Buttray (Anglia): Consideraţii relative la concepţia electrică a amenajărilor hidroelectrice cu pompaj reversibile.

11–03. G. Tengstrandt şi G. Rönnevig (Suedia): Răcirea directă a hidroalternatoarelor. Influenţa asupra dimensiunilor şi parametrilor alternatorului.

11–04. J. Basta, V. Sorejs şi R. Vorisek (Cehoslovacia): Proiectul unei centrale hidroelectrice cu pompaj de 400 MW cu pornirea asincronă a maşinilor.

11–05. R. Robert, P. Bawin, J. Dispaux şi J. Le Prince (Belgia): Dezvoltarea excitatricelor cu diode turnante.

11–06. J. Chatelain, A. Perillard, Th. Laible şi P. Bondi (Elveţia): Motogeneratoare sincrone cu poli aparenţi comutabili pentru centralele cu pompaj.

11–07. I. A. Glebov, G. I. Diatcenko, E. Ia. Kazovski, M. P. Kostenko, L. G. Mamikonianţ, L. Ia. Stanislavski şi A. P. Cistikov (U.R.S.S.): Dimensionarea de bază şi caracteristicile de funcţionare a marilor turboalternatoare şi sistemul lor de excitaţie în U.R.S.S.

11–08. C. Apetrei, C. Bălă, L. Groza şi G. Cantaragiu (România): Criterii pentru alegerea parametrilor maşinilor sincrone şi ai sistemului de excitaţie, ţinînd seamă de caracteristicile reţelelor electrice.

11–09. D. Jaccard şi F. Vesligaj (Suedia): Alegerea caracteristicilor electrice ale instalaţiilor centralelor cu pompaj; experienţe în curs de studiu şi în exploatare.

11–10. G. Ruelle şi J. F. Heuillard (Franţa): Studiu pe model şi pe o maşină reală al scurgerilor aerodinamice şi al încălzirilor, într-un rotor de turboalternator de 600 MW.

Grupa 12 – *Transformatoare*

12–01. E. T. Norris: Raport de activitate al Comitetului de studii nr. 12 (Transformatoare), cu anexele următoare:

Anexa 1 – E. C. Rippon (Anglia): Măsura descărcărilor parţiale în timpul încercărilor dielectrice ale transformatoarelor de înaltă tensiune.

Anexa 2 – G. E. M. Kuijper (Olanda): Încercări în scurtcircuit ale transformatoarelor.

Anexa 3 – G. B. Harper (Anglia): Detectarea şi diagnosticul avariilor şi a defectelor în transformatoare.

12–02. A. T. Thoeng (Olanda): Localizarea descărcărilor parţiale în transformatoare. Cîteva aspecte ale metodei bazate pe detectarea undei progresive.

12–03. B. Holmgren, R. S. Jenkins şi J. Riubrugent (Suedia): Curenţii de anclanşare ai transformatoarelor.

12–04. J. Fryxell, E. Agerman, B. Grundmark, P. Hessen şi W. Lampe (Suedia): Realizarea încercărilor de descărcări parţiale la transformatoare.

12–05. M. Waters, A. Stalewsky, J. C. Farr şi J. D. Whitaker (Anglia): Încercări în scurtcircuit ale transformatoarelor cu detectarea şi localizarea avariilor.

12–06. S. Iakov (Italia), A. B. Madin (Anglia), C. C. Honey (S.U.A.) şi C. Keil (Canada): Efectul corona în transformatoare.

12–07. T. Bertula, V. Palva şi E. Talvio (Finlanda): Măsura descărcărilor parţiale la transformatoarele cu ulei.

12–08. Ch. Bozzini (Belgia): Diagnosticul îmbătrînirii transformatoarelor prin măsurarea gradului de polimerizare. Rezultatul unor experienţe noi.

12–09. S. Haraldsen şi K. Winberg (Norvegia): Investigaţii privind diferitele metode de localizare a descărcărilor parţiale la transformatoare.

12–10. R. E. Wetzel şi T. H. Praehause (Elveţia): Măsura descărcărilor parţiale în transformatoare şi în elementele lor.

12–11. E. A. Mankin, E. I. Leviţkaia, S. I. Lurje şi L. I. Milman (U.R.S.S.): Rezistenţa transformatoarelor la scurtcircuite. Metode de încercare: calculul eforturilor la scurtcircuit.

12–12. F. Viale, G. Wind, M. Fallou, G. Leroy şi J. Wendling (Franţa): Măsurarea şi interpretarea măsurătorilor de descărcări parţiale în transformatoare.

12–13. J. Kulikovski, W. Lech, J. Rachwalski şi L. Timirski (Polonia): Experienţa acumulată în încercările de scurtcircuit în transformatoare.

12–14. (†) H. Stamm şi W. Schulze (Germania): Degradarea izolaţiilor formate din straturi de hîrtie şi ulei şi studiul evoluţiei sale cu ajutorul cromatografiei gazoase.

12–15. G. Gailhofer, H. Kury şi W. Rabus (Germania): Măsura descărcărilor parţiale în izolaţia transformatoarelor. Principii şi practică.

Grupa 13 – *Întrerupătoare*

13–01. H. Meyer şi P. Baltensperger: Raport de activitate al Comitetului de studii nr. 3 (Întrerupătoare de înaltă tensiune) cu anexele următoare:

Anexa 1 – E. Ruoss (Elveţia): Raport asupra activităţii grupelor de lucru nr. 3.2. şi 3.5.

Anexa 2 – Propuneri de definire a supratensiunilor, ţinînd seamă în special de supratensiunile de comutaţie în reţelele trifazate.

13–02. K. Barta şi H. Moravova (Cehoslovacia): Încercări sintetice ale unui întrerupător cu aer comprimat de înaltă tensiune la întreruperea unui defect kilometric.

13–03. S. Fukuda, T. Ushio, T. Ito şi T. Miyamoto (Japonia): Studii recente asupra comportării arcului în vecinătatea trecerii prin zero a curentului în SF_6.

13–04. B. J. Calvino şi P. Pezzi (Italia): Caracteristici de întrerupere ale unui întrerupător autosuflant cu SF_6: influenţa pantei iniţiale a tensiunii tranzitorii de restabilire şi a fenomenelor la trecerea curentului prin zero.

13–05. H. Glavitsch, E. Ruoss, R. Thaler şi H. R. Wüthrich (Elveţia): Tensiuni tranzitorii în cazul manevrelor întrerupătoarelor în reţelele de înaltă tensiune: supratensiuni la conectarea liniilor în gol şi tensiuni tranzitorii în cazul întreruperii defectelor în apropierea transformatoarelor.

13–06. T. H. Lee şi A. N. Greenwood (S.U.A.): Mecanismul descărcării de origine termică într-un gaz la temperatură înaltă şi aplicaţii la întrerupătoare.

13–07. G. Dienne şi J. M. Frisson (Belgia): Contribuţie la studiul experimental al tensiunilor de restabilire în cazul întreruperii transformatoarelor cu scurtcircuit în secundar.

13–08. D. Kind, E. Marx, K. Möllenhoff şi J. Salge (Germania): Întrerupătoare pentru transportul de energie în curent continuu la înaltă tensiune.

13–09. J. Buter, E. Markworth şi F. Richter (Germania): Încercări directe într-o reţea de 220 kV cu o putere ridicată de scurtcircuit.

13–10. P. Baltensperger (Elveţia), A. M. Cassie (Anglia), G. Catenacci (Italia), A. Hochrainer (Germania), O. S. Johansen (Norvegia) şi M. Pouard (Franţa): Tensiuni tranzitorii de restabilire în reţelele de înaltă tensiune. Defecte la borne.

13–11. P. Héroin, C. Marty, A. Mendès, N. Schektman, J. C. Henry şi J. Vigreux (Franţa): Progrese recente realizate în domeniul încercărilor sintetice ale întrerupătoarelor.

Secţia a 2-a – **Construcţia, întreţinerea şi izolarea liniilor**

21–01. R. F. Goossens: Raport de activitate al Comitetului de studii nr. 2 (Cabluri de înaltă tensiune), cu anexele următoare:

Anexa 1 – J. N. Johnsen (Norvegia): Factorul de putere la cablurile cu ulei fluid.

Anexa 2 – B. Bjurström (Suedia): Recomandări privind încercările cablurilor de curent continuu pentru tensiuni nominale pînă la 300 kV.

Anexa 3 – F. H. Kreuger (Olanda): Etalonare. Dispoziţii recomandate pentru etalonarea şi controlul circuitelor de detectare a descărcărilor.

Anexa 4 – F. H. Kreuger (Olanda): Măsura descărcărilor în cabluri de mare lungime; prevenirea erorilor datorită suprapunerilor de unde mobile.

21–02. F. H. Kreuger (Olanda): Încercări de lungă durată asupra cablurilor izolate cu polietilenă. Metode şi criterii.

21–03. T. Lundgren şi S. Wretemark (Suedia): Încercări la locul de funcţionare a unor cabluri de 72 kV cu izolaţie sintetică.

21–04. S. Takahashi (Japonia): Transportul subteran de mare putere la foarte înaltă tensiune în Japonia.

21–05. P. Gazzana Priaroggia şi G. L. Palandri (Italia): Legătura în cablu submarin de 200 kV curent continuu între Sardinia şi Corsica şi între Corsica şi Italia.

21–06. H. Matikainen (Finlanda): Cîteva observaţii asupra distribuţiei impulsurilor de descărcări parţiale măsurate cu ajutorul unui analizor multicanal.

21–07. N. O. Kenney şi M. J. Koulopoulos (S.U.A.): Cabluri de 115 kV şi 138 kV izolate cu polietilenă şi elemente de apreciere a acestora.

21–08. G. Pasqualini, Ch. A. Flamand, G. Terramorsi şi R. Wauthier (Franţa): Răcirea cablurilor care transportă puteri mari la distanţe mari.

21–09. H. K. Beale, J. D. Endacott, H. W. Flack, K. E. L. Hughes, F. J. Miranda şi J. A. Nicholson (Anglia): Aplicarea tehnicii de răcire forţată intensă la cablurile cu ulei fluid şi accesoriile lor pentru transport de foarte mare putere.

21–10. A. Devaux, J. M. Oudin, Y. Rérolle, R. Jocteur, A. Noirclerc şi M. Osty (Franţa): Fiabilitatea şi tendinţa utilizării la tensiuni înalte a cablurilor cu izolaţie sintetică.

Grupa 22 – *Suporţi de linii aeriene şi fundaţii*

22–01. J. Paschoud: Raport de activitate al Comitetului de studii nr. 7 (Stîlpi şi fundaţii).

22–02. Ch. Fontana, F. Branders şi J. Plisnier (Belgia): Experienţă făcută în Belgia în domeniul coroziunii stîlpilor şi încercări de fundaţii.

22–03. M. Finzi şi G. Magenta (Italia): Noi experienţe efectuate în opt ani de încercări ale stîlpilor în staţia Lecco (Italia).

22–04. P. P. Bonar (Irlanda): Încercări dinamice ale stîlpilor cu zăbrele de oţel.

22–05. J. G. Hannemann şi Ib. Mogenssen (Danemarca): Stîlpii liniei de 400 kV Konti-Skan în Iutlanda (Danemarca).

22–06. J. Biarez şi Y. Barraud (Franţa): Adaptarea fundaţiilor stîlpilor la teren prin metodele mecanicii solurilor.

Grupa 23 – *Conductori de linii aeriene*

23–01. K. S. Smedsfelt şi W. Carlshem: Raport de activitate a Comitetului de studii nr. 6 (Conductori neizolaţi şi calculul mecani al liniilor aeriene).

23–02. R. F. Rissone, G. S. Wilton, R. R. Adlham-Hughes şi R. A. Allan (Anglia): Studiul experimental al oscilaţiilor conductorilor fasciculari.

23–03. M. Ervik, T. Horn şi R. R. Johnsen (Norvegia): Traversări lungi ale fiordurilor şi protecţia lor contra vibraţiilor.

23-04. J. Endrenyi și N. J. Mc Murtrie (Canada): Determinarea intensității curentului admisibil în conductori, prin simularea numerică a sarcinii, a condițiilor atmosferice și a îmbătrînirii conductorilor.

23-05. V. V. Burgsdorf, E. P. Nikiforov și A. S. Zelitcenko (U.R.S.S.): Încărcări de chiciură pe liniile aeriene.

23-06. A. J. Liberman și K. P. Krukov (U.R.S.S.): Vibrația conductorilor liniilor aeriene și protecția contra acestor vibrații în U.R.S.S.

23-07. W. Bückner, H. Kerner și W. Philipps (Germania): Solicitări în conductorii liniilor de transport aeriene la clema de suspensie.

23-08. E. Comellini și C. Manuzio (Italia): Raționalizarea sarcinilor de calcul pentru stîlpii liniilor aeriene.

Grupa 25 — *Izolatoare*

25-01. G. H. Gillam: Raport de activitate al Comitetului de studii nr. 5 (Izolatoare).

25-02. N. Knudsen și L. Hermansson (Suedia): Încercări pe termen lung și termen scurt ale izolatoarelor poluate.

25-03. T. Takagi, Y. Hirose și H. Hattori (Japonia): Caracteristicile de conturnare a marilor izolatoare destinate stațiilor de 500 kV, supuse poluării.

25-04. T. Udo, Y. Watanabe, K. Mayumi, G. Ikeda și T. Okada (Japonia): Caracteristicile de conturnare la supratensiunile de comutație a lanțurilor lungi și a coloanelor lungi de izolatoare.

25-05. S. Denes, L. Farkaș și Gy. Varju (Ungaria): Curățirea izolatoarelor pe liniile de transport de energie, mijloc de luptă eficace contra poluărilor intense.

25-06. A. R. Hileman, J. P. Mc Kinnon și J. K. Dillard (S.U.A.): Studiul izolatoarelor unei linii și unei stații de 1100 kV.

25-07. J. I. Skowronski și Z. Pohl (Polonia): Influența tipului de poluare asupra alegerii formei izolatoarelor exterioare și încercările lor.

25-08. P. J. Lambeth și J. S. T. Looms (Anglia), G. Leroy și Y. Porcheron (Franța), G. Carrara și M. Sforzini (Italia): Metode de încercare a izolatoarelor în ceață salină artificială.

Secția a 3-a — **Exploatarea, protecția și interconexiunea rețelelor**

Grupa 31 — *Protecție și relee*

31-01. Ch. Dietsch: Raport de activitate al Comitetului de studii nr. 4 (Protecție și relee), cu anexele următoare:
Anexa 1 — J. Landmark Braten (Norvegia): Tipuri de caracteristici ale releelor de distanță rezultate ca necesare.
Anexa 2 — G. Dienne și R. Wery (Belgia): Perturbații induse în conductoarele care alimentează releele de protecție.

31-02. A. H. R. Klimann (Argentina): O nouă analiză a protecției liniilor.

31-03. A. Vitanov (Bulgaria): Protecția de distanță tranzistorizată cu caracteristici cvadriunghiulare.

31-04. F. L. Hamilton, J. B. Patrickson, F. H. Birch, G. H. Burrows și H. J. Turner (Anglia): Experiența acumulată în Anglia asupra uzurii dispozitivelor de protecție tranzistorizate.

31-05. J. de Haas (Olanda): Determinarea temporizărilor pentru un sistem de protecție de distanță, bazată pe metode statistice.

31-06. H. Barchetti, N. Korponay și A. Mosbeck (Austria): Comportarea transformatoarelor de curent, a releelor și a dispozitivelor de protecție în regim tranzitoriu.

31-07. K. Jagsich (Austria), T. Morva și H. Wyss (Elveția): Regimul tranzitoriu al transformatoarelor de curent și repercusiunea sa asupra reducerii timpului de funcționare a dispozitivului de protecție.

31-08. L. Mouton și M. Souillard (Franța): Relee statice, ultrarapide pentru măsurători ale distanței.

31-09. G. R. Slemon, S. D. T. Robertson și M. Ramamoorty (Canada): Protecția ultrarapidă a rețelelor, bazată pe modele de rețele perfecționate.

31-10. J. Ernould (Belgia): Undă de curent într-un releu comparativ de amplitudine.

31-11. H. Haug și M. Forster (Elveția): Protecția electronică a marilor colectoare.

31-12. V. Fabrikante, I. Guelfande, L. Orekhov, V. Skitaltsev, T. Smirnova și L. Zismane (U.R.S.S.): Protecția liniilor electrice cu derivații multiple cu relee care folosesc dispozitive cu semiconductori.

31-13. J. Guminski, B. Kowalewski și W. Zaron (Polonia): Protecție prin relee și reanclanșare automată în stațiile de transformare de înaltă tensiune, de concepție simplificată.

31-14. G. A. Gertsch, K. Antolic și T. Gycax (Elveția): Transformatoare — condensatoare de tensiune și relee de protecție.

Grupa 32 — *Concepția și funcționarea rețelelor*

32-01. Ch. Concordia S. Lalander și J. Cladé: Raport de activitate al Comitetului de studii nr. 13 (Concepția și funcționarea rețelelor), cu următoarele anexe:
Anexa 1 — Concluziile anchetei asupra practicii reglajului frecvență-putere și tendințe de evoluție a metodelor de reglaj.
Anexa 2 — Raportul grupei de lucru „Planificarea rețelelor".
Anexa 3 — Dare de seamă asupra răspunsurilor la ancheta făcută relativ la sistemele de reglare a tensiunii.
Anexa 4 — Dare de seamă asupra activității grupei de lucru „Curent continuu".

32-02. Z. Molis și V. Vitek (Cehoslovacia): Influența condițiilor de defect asupra mărimii parametrilor necesari pentru controlul funcționării unei rețele energetice.

32-03. I. Hano, A. Chiba, T. Umezu și K. Ode (Japonia): Reglajul optim al tensiunii și al puterii reactive în rețelele energetice.

32-04. A. Ölwegard și P. Langer (Suedia): Determinarea capacității de transport a rețelelor și a liniilor de interconexiune în cazul perturbațiilor grave.

32-05. B. Nordström, K. S. Smedsfelt și T. Johansson (Suedia): Influența dezvoltării interconexiunii între rețele asupra mărimii admisibile a grupurilor generatoare.

32-06. A. O. Kerenyi, F. Ronkay, J. Petö, K. Szendy și Z. Hadik (Ungaria): Influența creșterii mărimii generatoarelor asupra arterelor de interconexiune.

32-07. A. Johannesen și H. H. Faanes (Norvegia): Programul economic de stabilire a unei rețele hidroelectrice.

32-08. Ch. Concordia (S.U.A.): Concepția rețelelor de energie electrică în scopul unei siguranțe de funcționare maxime.

32-09. J. A. Casazza și C. H. Hoffman (S.U.A.): Relația între mărimea ansamblurilor de producere, mărimea grupurilor și necesitățile transportului de energie.

32-10. A. Türeli, B. Stott și F. Gözer (Turcia): Compensarea optimă a puterii reactive a unei linii lungi de transport de foarte înaltă tensiune.

32-11. K. D. Wessnigk, H. Koettnitz, H. Schulze, H. Pietzch și V. Schnabel (Germania): Contribuție la studiul optimizării funcționării rețelelor prin alegerea metodelor adecvate de calcul al stabilității tranzitorii.

32-12. L. Paris și M. Valtorta (Italia): Prevederea unităților de mare putere în rețelele interconectate: parametrii importanți și influența lor relativă.

32-13. V. Nitu, P. Dimo, P. Iancovici, N. Bordeianu, C. Goldenberg, E. Arie, M. Constantinescu, N. Terdiman și A. Soci (România): Influența structurii și dezvoltării rețelei românești asupra alegerii puterii unitare a grupurilor.

32-14. T. W. Berrie, H. B. Dreyfus și U. G. Knight (Anglia): Planificarea rețelelor primare din Anglia și Țara Galilor din punct de vedere al siguranței în funcționare.

32-15. M. Adnet, P. Augès, M. Dupoux, P. Guillaumin, J. Pouget și E. Scano (Franța): Optimizarea utilizării mijloacelor de producere și de transport.

Grupa 33 — *Trăsnetul și supratensiunile*

33-01. H. Baatz: Raport de activitate al Comitetului de studii nr. 8 (Trăsnete, descărcări și supratensiuni), cu următoarele anexe:
R. H. Golde (Anglia): Raportul grupei de lucru „Contor de lovituri de trăsnet".
O. S. Johansen (Norvegia): Raportul grupei de lucru „Tehnica de măsură la înaltă tensiune".
Anexa 1 — J. Suchocki (Polonia): Metode de măsură a amplitudinilor și a formelor undelor de curenți de trăsnet.
Anexa 2 — E. R. Whitehead (Anglia): Comportarea liniilor de foarte înaltă tensiune la acțiunea trăsnetelor.
Anexa 3 — K. A. Markussen (Danemarca): Influența parametrilor circuitelor asupra tensiunii de amorsare la supratensiuni de comutație.
Anexa 4 — J. Kucera (Cehoslovacia): Impedanța surselor la înaltă tensiune în încercările de curent alternativ.
Anexa 5 — G. Carrara (Italia): Probabilitatea străpungerii la solicitări dielectrice.

333* — H. Baatz: Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii nr. 8 (Supratensiuni, descărcări și trăsnete).

33-02 R. H. Golde, J. B. Kuipers, M. Ouyang și R. A. E. Quatermaine (Anglia): Performanțele la supratensiuni atmosferice de comutație a liniilor de 132 kV din Malaezia, cu stîlpi de oțel și traverse sau console de lemn.

33-03. K. Berger și E. Vogelsanger (Elveția): Noi rezultate ale cercetării trăsnetelor.

33-04. J. J. Hurley, M. Darveniza și G. J. Limbourn (Australia): Studiul liniilor aeriene de transport concepute pentru a avea mai bune performanțe la trăsnete.

Grupa 36 — *Variații bruște de tensiune. Cauze și consecințe*

36-01. H. Bálériaux: Raport de activitate al Comitetului de studii nr. 19 (Variații bruște de tensiune. Cauze și consecințe).

36-02. R. Yukawa (Japonia): Studiul alegerii rețelei de alimentare pentru tracțiunea electrică de mare viteză (noua linie Tokaido).

36-03. C. Portela (Portugalia): Cîteva aspecte ale variațiilor bruște de tensiune.

36-04. G. Dienne și P. Bertrand (Belgia): Contribuție la studiul repercusiunilor provocate prin căderile de tensiune asupra instalațiilor abonaților. Descrierea anumitor remedii.

36-05. A. A. Hochaturov, L. S. Lindorf, N. I. Sokolov, V. A. Stroev și V. A. Venikov (U.R.S.S.): Stabilitatea sarcinilor rețelelor electrice sub efectul variațiilor de tensiune.

36-06. K. A. Beaton (Australia): Perturbațiile provocate într-o rețea de o importantă sarcină fluctuantă. Încercări pe rețea.

Secția a 4-a — **Tensiuni superioare celei de 220 000 V**

Grupa 42 — *Tensiuni alternative foarte înalte*

42-01. Ph. Sporn și P. Héroin: Raport de activitate al Comitetului de studii nr. 9 (Transportul în curent alternativ la tensiuni foarte înalte) cu următoarele anexe:
Raport final al grupei de lucru „Perturbații radiofonice".
1. R. Pelissier (Franța): Mecanismul efectului corona și perturbații radiofonice pe liniile de foarte înaltă tensiune.
2. J. R. Leslie (Canada): Măsurarea cîmpurilor parazite.
3. J. J. La Forest (S.U.A.): Profiluri laterale tip ale cîmpurilor parazite ale liniilor de foarte înaltă tensiune.

---

* Acest raport, publicat în 1966, nu a fost discutat la sesiunea din 1966. El nu va mai fi distribuit din nou în 1968.

4. D-na D. Kohutova și J. Vokalek (Cehoslovacia): Aplicarea calculului probabilității la studiul cîmpurilor parazite ale liniilor de foarte înaltă tensiune.
5. R. E. Bartenstein, F. Hirsch și E. Schäfer (Germania): Studiul statistic al perturbațiilor radiofonice.

42–02. R. Fournier, D. Mc Gillis și J. C. Roy (Canada): Studiu pentru folosirea energiei cascadei Churchill în sistemul energetic „Hydro-Quebec", care va cuprinde 5500 km de linii de 735 kV.

42–03. J. A. Rawls, H. H. Smith, E. R. Taylor și C. L. Wagner (S.U.A.): Încercări în exploatarea rețelei de 500 kV VEPCO.

42–04. L. O. Barthold și P. L. Lumnitzer (S.U.A.): Programul celor cinci ani de cercetări în domeniul tensiunilor extrem de ridicate.

42–05. G. G. Aleksandrov, N. P. Emelianov, V. V. Erșevici, A. S. Zelicenko, V. I. Levitov, L. S. Perelman, V. I. Popkov, S. S. Rokotian, N. N. Tihodeev, Iu. A. Iakub (U.R.S.S.): Rețele de transport de curent alternativ de 750 kV, în U.R.S.S.

42/43–01. W. Casson (Anglia): Comparația transporturilor de energie în c.a. și c.c., din punct de vedere economic și tehnic".

Grupa 43 – *Tensiuni foarte înalte continue*

43–01. F. J. Lane și F. A. Last: Raportul de activitate al Comitetului de studii nr. 10 (Transport de energie în c.c. de foarte înaltă tensiune), cu anexa următoare: Raportul grupei de lucru: „Metode de prezentare a comportării instalațiilor în c.c.".

43–02. L. A. Bateman, L. S. Butler și R. W. Haywood (Canada): Rețeaua de transport în c.c. de ± 450 kV a amenajării fluviului Nelson.

43–03 J. J. Dougherty și V. Caleca (S.U.A.): Studii referitoare la încadrarea unei linii de transport în c.c. într-o rețea de c.a.

43–04. T. E. Calverley, A. Gavrilovic, F. H. Last și C. W. Mott (Anglia): Legătura în c.c. Kingsnorth-Beddington - Willesden.

43–05. M. Bosch, M. Danders, G. Göttlicher, I. Hengsberger și M. Hoffman (Germania), P. Etter și K. Roth (Elveția): Rezultatele încercărilor convertizoarelor de înaltă tensiune în c.c. și punerea în funcțiune a mijloacelor de cercetare ale Laboratorului din Rheinau.

43–06. G. A. Baril (Canada), A. Lacoste și H. Persoz (Franța), J. D. Ainsworth și J. B. Bowles (Anglia): Unele aspecte de studii preliminare ale variantei în c.c. pentru transportul de energie electrică produse de cascadele Churchill.

43–07. A. M. Berkovski, F. I. Butaev, E. S. Grois, A. V. Posse, S. S. Rokotian și P. E. Sandler (U.R.S.S.): Experiența de exploatare a liniei de transport în c.c. Volgograd – Donbas și aplicațiile sale la transporturile de mare putere în c.c. la foarte înaltă tensiune.

43–08. R. Jötten și R. Foerst (Germania): Studiu pe model al comportării în cursul perturbațiilor a instalațiilor de transport în c.c. de înaltă tensiune, în rețelele de c.a. și de c.c.

43–09. V. Ciallella, P. Grattarola și A. Taschini (Italia), C. J. B. Martin și D. B. Willis (Anglia): Încercările și experiența de exploatare a legăturii în c.c. Sardinia – Italia continentală.

42/43–01.. W. Casson (Anglia): Comparația transporturilor de energie în c.a. și c.c. din punct de vedere economic și tehnic.

——— o ———

Analiza cu ajutorul calculatorului a patru scheme de reglare a temperaturii aburului la un cazan de 420 t/h*)

Ing. C. Berbece **

În această lucrare se prezintă comparativ performanțele unor scheme de reglare a temperaturii aburului, stabilite cu ajutorul calculatorului analogic IRME. Compararea schemelor se face folosind caracteristicile dinamice ale cazanului TGM-84 la funcționare bloc cu turbina.

1. Variante de schemă

S-au ales, ca variante de schemă pentru reglarea temperaturii aburului, schema de proiect a cazanului TGM-84, o schemă de reglare în cascadă și două variante care țin seamă de eventualitatea introducerii reglajului frecvență-putere. Variantele considerate epuizează, cu excepția centralei termoelectrice Luduș (aparatură de reglare de concepție diferită), schemele folosite la noi în țară pentru reglarea temperaturii cu injecție de condensat.

Prima schemă studiată este realizată cu semnal de anticipare de la temperatura aburului [4] și se va considera ca fiind *varianta I* (fig. 1, contactul *K* deschis).

Schema structurală a fost realizată considerînd funcția de transfer a termocuplului împreună cu funcția de transfer a instalației automatizate, adică așa cum s-au determinat experimental răspunsurile indiciale.

În realitate, temperaturile θ_r după răcitor și θ_e la ieșirea din supraîncălzitor se vor modifica ceva mai rapid decît răspunsurile tranzitorii θ_r (t) și θ_e (t) obținute pe calculator, însă acest lucru nu modifică raportul în care se găsesc variantele din punct de vedere calitativ, cu atît mai mult cu cît s-au folosit termocupluri cu inerție mică (constanta de timp a termocuplului este neglijabilă în raport cu inerția supraîncălzitorului).

În figura 1 mai sînt notate cele două perturbații care acționează din afară asupra conturului de reglare: perturbația de sarcină, ca urmare a modificării poziției ventilelor de reglare ale turbinei ΔH_T, și perturbația debitului de gaz metan ΔG.

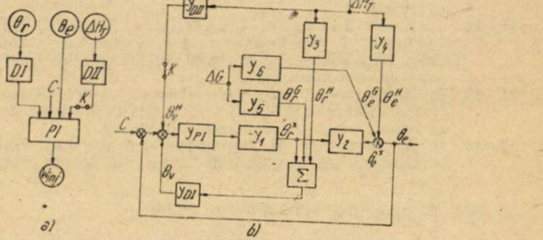


Fig. 1. Schema de reglare a temperaturii aburului — variantele I și II:

a) schema principială; *b*) schema structurală; contactul *K* deschis – varianta I; contactul *K* închis – varianta II.

Varianta II conține în plus, față de prima variantă, un semnal de anticipare a perturbației de sarcină (fig. 1, contactul *K* închis).

---

*) Lucrarea a fost prezentată în cadrul celei de-a 5-a sesiuni tehnico-științifice a IRME, 1967.

**) C. Berbece este inginer la IRME.

Comportarea dinamică a acestei scheme de reglare se deosebește față de prima prin modul în care este prelucrată perturbația de sarcină.

Perturbațiile debitului de gaz metan sau ale mărimii de execuție vor fi prelucrate diferit sau identic, după cum introducerea legăturii de anticipare modifică sau nu acordul dinamic al variantei II față de varianta I.

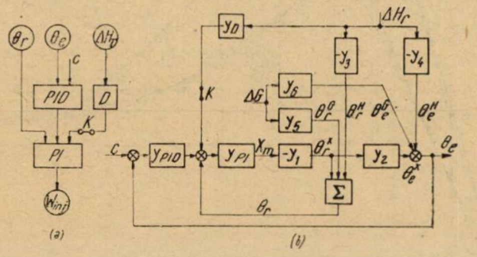


Fig. 2. Schema de reglare a temperaturii aburului — variantele III și IV:

a) schema principială; b) schema structurală; contactul K deschis — varianta III; contactul K închis — varianta IV B

În ambele variante se folosește ca element de reglare un regulator PI, iar ca element de anticipare un diferențiator cu element de întîrziere:

$$Y_{PI}(s) = K_r \frac{1 + T_i s}{T_i s}; \quad Y_D(s) = \frac{K_d T_d s}{1 + T_d s}$$

Varianța III este o schemă de reglare în cascadă (fig. 2, contactul K deschis). Structura instalației automatizate este neschimbată față de schemele de reglare anterioare.

Varianta IV se deosebește de varianta III prin prezența unui semnal suplimentar de anticipare a perturbației de sarcină (fig. 2, contactul K închis). Acest semnal este proporțional cu viteza de variație a poziției ventilelor de reglare ale turbinei.

2. Modelarea pe calculator a instalației automatizate

Pentru analiza variantelor de reglare sînt necesare răspunsurile indiciale ale temperaturii aburului după răcitor θ_r și la ieșirea din supraîncălzitor θ_e, la principalele perturbații care se iau în considerare:

— perturbația mărimii de execuție, X_m;

— perturbația de sarcină, ΔH_T;

— perturbația debitului de gaz metan ΔG.

Proprietățile statice și dinamice necesare au fost determinate experimental la CTE Grozăvești pentru un bloc cazan-turbină de 50 MW.

Perturbațiile folosite la ridicarea caracteristicilor dinamice au fost astfel alese încît să păstreze liniaritatea instalației automatizate în jurul sarcinii de referință — 340 t/h.

Metoda folosită nu face obiectul lucrării de față și se vor reproduce direct răspunsurile indiciale obținute.

Determinarea funcțiilor de transfer s-a făcut cu ajutorul calculatorului analogic în următoarea ordine:

— răspunsul indicial determinat experimental a fost copiat pe înregistratorul mărimii de ieșire al calculatorului;

— în funcție de aspectul răspunsului indicial s-a stabilit structura funcției de transfer;

— prin încercări, modificînd coeficienții funcției de transfer, s-a încercat să se reproducă cît mai exact curba copiată pe înregistrator.

În cazul în care, indiferent de valorile parametrilor încercați, nu s-a obținut o suprapunere satisfăcătoare între caracteristica modelată și caracteristica experimentală, s-a modificat structura funcției de transfer sau ordinul unor elemente din schemă.

Schema de modelare a instalației automatizate, corespunzătoare perturbației date la mărimea de execuție, este formată din elemente aperiodice de ordinul întîi, înseriate, și un element de timp mort, realizat după seria Padé, de ordinul doi.

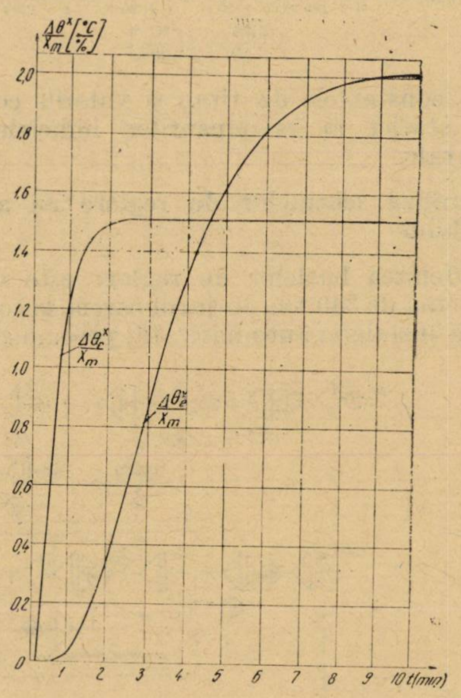


Fig. 3. Răspunsurile indiciale modelate θ_r^x și θ_e^x la perturbația mărimii de execuție X_m:

$$Y_1(s) = -\frac{e^{-11,2s}}{(1 + 7,5\,s)\,(1 + 25\,s)} \left[\frac{°C}{\%}\right]$$

$$Y_2(s) = 1,54\,\frac{1,31}{(1 + 62,5\,s)\,(1 + 37,5\,s)\,(1 + 83,3\,s)} \left[\frac{°C}{°C}\right]$$

Curbele modelate sînt reproduse în figura 3, iar schema de modelare în figura 6.

Caracteristica $\Delta\theta_r^H/\Delta H_T$ a fost modelată ca o funcție undă întîrziată, iar caracteristica $\Delta\theta_e^H/\Delta H_T$, ca suma a două funcții undă întîrziate. În figura 4 se poate urmări în ce măsură curba modelată reproduce curba experimentală.

În mod similar s-a procedat şi pentru simularea răspunsurilor indiciale corespunzătoare perturbaţiei debit de gaz (fig. 5).

Alegînd corespunzător valorile parametrilor, s-au determinat funcţiile de transfer care respectă constantele de timp şi valorile coeficienţilor statici ai răspunsurilor indiciale experimentale.

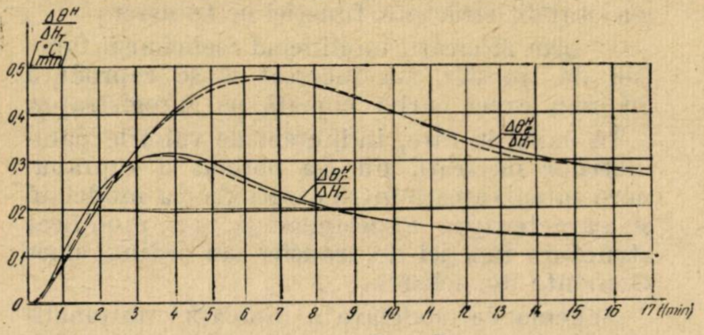


Fig. 4. Răspunsurile indiciale θ^H_r şi θ^H_e la perturbaţie dată cu ventilele de reglare ale turbinei:

– – – – funcţia experimentală; ——— funcţia modelată.

$$Y_3(s) = -\frac{0{,}132\,(1 + 750\,s)}{(1 + 125\,s)^2\,(1 + 50\,s)}\left[\frac{{}^0\mathrm{C}}{\mathrm{mm}}\right]$$

$$Y_4(s) = -\frac{0{,}0338\,(1 + 750\,s)}{(1 + 125\,s)\,(1 + 50\,s)}\left[\frac{0{,}78}{1 + 25\,s} + \frac{3{,}9}{1 + 125\,s}\cdot\right.$$
$$\left.\cdot\frac{1{,}78}{1 + 156\,s}\right]\left[\frac{{}^0\mathrm{C}}{\mathrm{mm}}\right]$$

3. Analiza schemelor de reglare cu ajutorul modelului

Modelarea buclelor de reglare este valabilă la sarcina de 340 t/h, în jurul căreia se consideră liniară instalaţia automatizată, precum şi caracteristica organului de reglare a debitului de injecţie. De asemenea, pentru a analiza cel mai greu regim de funcţionare, se consideră că nu este în funcţiune regulatorul de sarcină termică al cazanului.

În toate schemele de reglare analizate se folosesc regulatoare PI şi PID ideale.

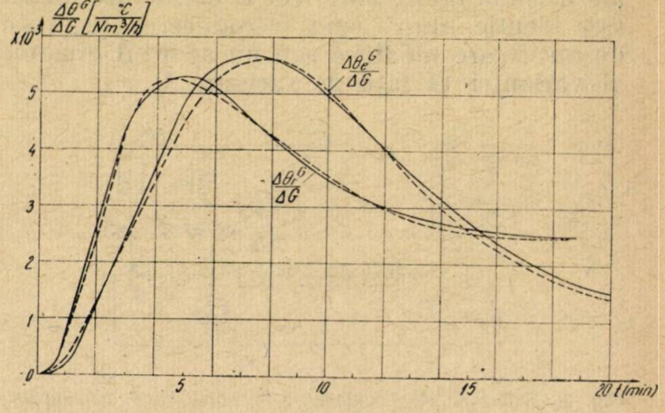


Fig. 5. Răspunsurile indiciale θ^G_r şi θ^G_e la perturbaţie dată cu debitul de gaz:

– – – – funcţia experimentală; ——— funcţia modelată.

$$Y_5(s) = \frac{2{,}5\cdot 10^{-3}\,(1 + 700\,s)}{(1 + 125\,s)\,(1 + 150\,s)\,(1 + 41{,}7\,s)\,(1 + 50\,s)}\left[\frac{{}^0\mathrm{C}}{\mathrm{Nm^3/h}}\right];$$

$$Y_6(s) = \frac{1\cdot 10^{-3}}{(1 + 125\,s)\,(1 + 150\,s)\,(1 + 250\,s)}\left[40 -\right.$$
$$\left.- 39\,\frac{1}{(1 + 41{,}7\,s)\,(1 + 50\,s)}\right]\left[\frac{{}^0\mathrm{C}}{\mathrm{N\ m^3/h}}\right]$$

Variantele examinate vor fi comparate în condiţiile unui acord optim realizat pe calculator, ţinîndu-se seamă de principalele perturbaţii care pot interveni în timpul exploatării. Modelarea s-a făcut la scara de timp 1 : 10.

3.1. *Varianta I.* Conform schemei structurale s-a realizat pe calculator modelul circuitului de reglare a temperaturii (fig. 6, contactul *K* deschis).

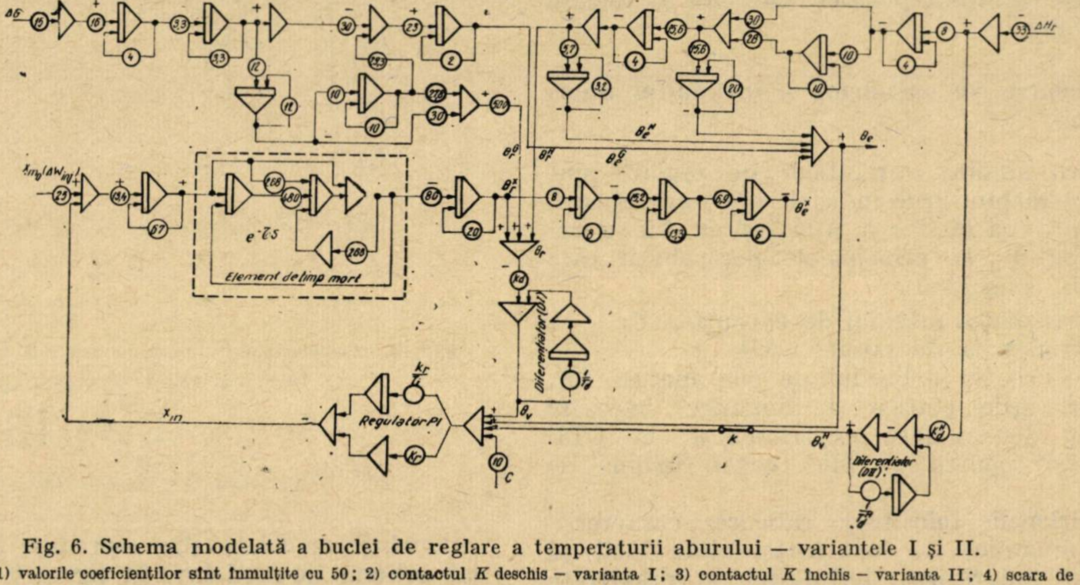


Fig. 6. Schema modelată a buclei de reglare a temperaturii aburului — variantele I şi II.

Observaţie: 1) valorile coeficienţilor sînt înmulţite cu 50; 2) contactul *K* deschis – varianta I; 3) contactul *K* închis – varianta II; 4) scara de timp 1 :10.

Semnele funcţiilor de transfer pe model au fost aranjate diferit faţă de instalaţia reală, respectîndu-se comportarea corectă a circuitului de reglare.

Determinarea parametrilor de acordare a celor două elemente de reglare (K_r, T_i, K_d, T_d) s-a făcut ţinînd seamă de perturbaţia mărimii de execuţie. Parametrii determinaţi au fost verificaţi urmărindu-se comportarea circuitului de reglare la perturbaţii de sarcină, perturbaţii ale debitului de gaz şi ale mărimii de referinţă.

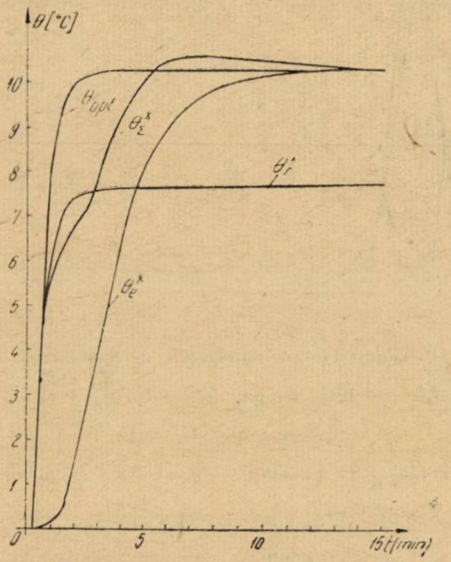


Fig. 7. Răspunsurile instalaţiei automatizate la perturbaţie a mărimii de execuţie $X_m = -5$ [%] :

$$\theta_{opt}(t) = K_2\, \theta_r^x(t);\ \theta_\Sigma^x(t) = \theta_v + \theta_e^x.$$

Determinarea celor patru parametri de acordare se poate face, după [4], în două etape :

— în prima etapă se aleg parametrii de acordare ai diferenţiatorului în aşa fel încît să rezulte pentru regulator o instalaţie automatizată echivalentă cît mai avantajoasă din punct de vedere dinamic ;

— în a doua etapă se determină parametrii de acordare ai regulatorului corespunzători instalaţiei automatizate echivalente determinate în prima etapă.

Procedînd astfel, s-a determinat la perturbaţia mărimii de execuţie răspunsul corespunzător instalaţiei automatizate echivalente (fig. 7).

Caracteristica echivalentă optimă care s-ar putea obţine ar trebui să fie identică cu caracteristica θ_r^x amplificată la valoarea θ_e^x : $\theta_{opt}(t) = K_2 \theta_r^x(t)$.

Compensarea completă a funcţiei Y_2 cu un diferenţiator $Y_D = \dfrac{K_d\, T_d\, s}{1 + T_d\, s}$ se poate face numai dacă funcţia de transfer Y_2 este o aperiodică de ordinul întîi. Cu cît creşte ordinul funcţiei de transfer Y_2, caracteristica echivalentă θ_Σ^x, care se poate obţine prin modificarea parametrilor diferenţiatorului, se îndepărtează tot mai mult de caracteristica considerată optimă θ_{opt} (fig. 7).

Pentru cazul analizat, funcţia de transfer Y_2 este de ordinul trei, deci caracteristica echivalentă diferă sensibil de cea optimă.

S-au determinat următoarele valori ale parametrilor de acordare ai diferenţiatorului, pentru care se obţine o dinamică mai avantajoasă (viteză mare de reacţie, suprareglaj minim) a caracteristicii echivalente :

$$K_d = 1;\ T_d = 208\ [\mathrm{s}].$$

Parametrii optimi de acordare ai regulatorului au fost determinaţi modificînd alternativ factorul de amplificare K_r şi constanta integrală T_i.

Compararea răspunsurilor tranzitorii corespunzătoare perturbaţiilor date cu mărimea de execuţie a condus la alegerea următoarelor valori :

$$K_r = 1{,}04\ [\%/°\mathrm{C}];\quad T_i = 167\ [\mathrm{s}];$$
$$K_d = 1;\quad T_d = 208\ [\mathrm{s}].$$

În figura 8 sînt reproduse răspunsurile tranzitorii $\theta_r(t)$ şi $\theta_e(t)$ la parametrii de reglare consideraţi optimi.

Perturbaţia mărimii de execuţie a fost introdusă pe calculator ca o mărime suplimentară X_{m0}, pe care trebuie să o compenseze regulatorul prin X_m.

Pentru a verifica dacă alte perturbaţii nu reclamă pentru sistemul de reglare analizat valori diferite ale parametrilor de acordare, s-au determinat răspunsurile tranzitorii la: perturbaţii de sarcină, perturbaţie a debitului de gaz şi perturbaţie a mărimii de referinţă.

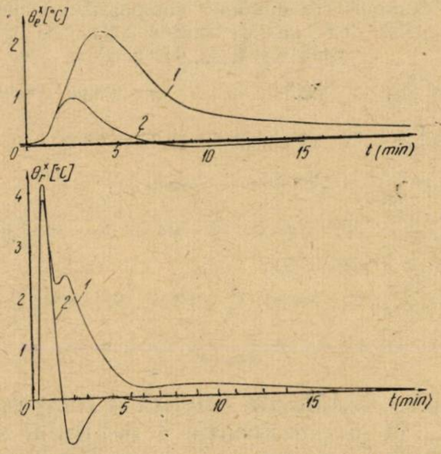


Fig. 8. Comportarea dinamică comparativă la perturbaţii date cu mărimea de execuţie $X_{m0} = -5$ [%] — variantele I şi III :

1) $K_r = 1{,}04 \left[\frac{\%}{^0\mathrm{C}}\right]$; $T_i = 167$ [s]; $K_d = 1$; $T_d = 208$ [s] — varianta I;

2) $K_r^k = 0{,}5 \left[\frac{^0\mathrm{C}}{^0\mathrm{C}}\right]$; $T_i^k = 500$ [s]; $T_d^k = 140$ [s]; $K_r = 0{,}78 \left[\frac{\%}{^0\mathrm{C}}\right]$;

$T_i = = 37{,}5$ [s] — varianta III.

Compararea răspunsurilor tranzitorii obţinute a arătat că se pot considera ca parametri optimi de acordare parametrii determinaţi deja prin compararea răspunsurilor tranzitorii obţinute la perturbaţii ale mărimii de execuţie.

În figura 9, curba *1*, și figura 10, curba *1*, sînt reproduse numai răspunsurile tranzitorii la parametrii optimi de acordare.

Se remarcă durata foarte mare a răspunsului tranzitoriu la perturbație a debitului de gaz. Aceasta se explică prin caracteristica dinamică a instalației automatizate (fig. 5).

Valoarea stabilizată a temperaturii aburului după răcitor θ_r, la o perturbație a debitului de gaz, este diferită nu numai ca valoare, dar și ca semn, de valoarea stabilizată care se obține la o perturbație de sarcină. În circuit deschis, instalația automatizată corespunzătoare celor două perturbații prezintă aceeași caracteristică.

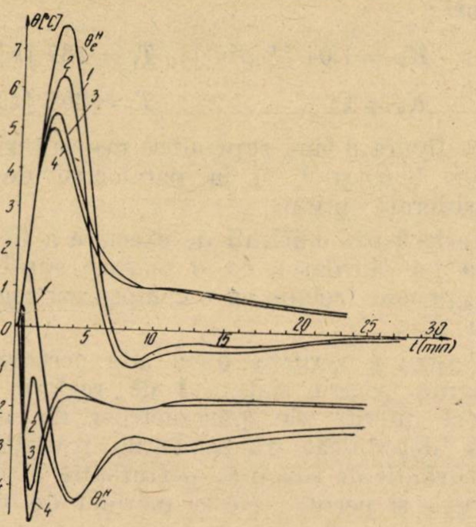


Fig. 9. Comportarea dinamică comparativă la perturbații date cu ventilele de reglare ale turbinei $\Delta H_T = -30$ [mm] — variantele I, II, III și IV:

1) $K_r = 1{,}04\left[\frac{\%}{^0\mathrm{C}}\right]$; $T_i = 167$ [s]; $K_d = 1$; $T_d = 208$ [s] – varianta I;

2) $K_r = 1{,}04\left[\frac{\%}{^0\mathrm{C}}\right]$; $T_i = 167$ [s]; $K_d = 1$; $T_d = 208$ [s];

$K_d^H = 0{,}17\left[\frac{^0\mathrm{C}}{\mathrm{mm}}\right]$; $T_d^H = 83$ [s] – varianta II;

3) $K_r^k = 0{,}5\left[\frac{^0\mathrm{C}}{^0\mathrm{C}}\right]$; $T_i^k = 500$ [s]; $T_d^k = 140$ [s]; $K_r = 0{,}78\left[\frac{\%}{^0\mathrm{C}}\right]$;

$T_i = 37{,}5$ [s] – varianta III;

4) $K_r^k = 0{,}5\left[\frac{^0\mathrm{C}}{^0\mathrm{C}}\right]$; $T_i^k = 500$ [s]; $T_d^k = 140$ [s]; $K_r = 0{,}78\left[\frac{\%}{^0\mathrm{C}}\right]$;

$T_i = 37{,}5$ [s]; $K_d^H = 0{,}0425\left[\frac{^0\mathrm{C}}{\mathrm{mm}}\right]$; $T_d^H = 166$ [s] – varianta IV.

Valoarea stabilizată diferită a temperaturilor θ_r și θ_e, la o perturbație a debitului de gaz, este diferită, ca urmare a raportului dintre ponderea schimbului de căldură prin convecție și prin radiație în zonele respective ale supraîncălzitoarelor.

Comportarea sistemului de reglare la variația în formă de treaptă a mărimii de referință este satisfăcătoare. Mărirea în continuare a valorii produsului $K_1 K_a K_r$ ar conduce la reducerea stabilității conturului de „anticipare'' și deci nu se recomandă.

În concluzie, pentru situația analizată, se poate afirma că parametrii de acordare, considerați optimi pentru perturbația mărimii de execuție, determină o bună comportare dinamică a sistemului de reglare și la perturbații de sarcină, perturbații ale debitului de gaz și perturbații ale mărimii de referință.

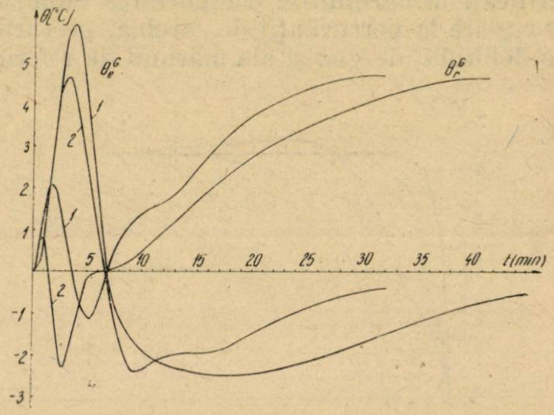


Fig. 10. Comportarea dinamică comparativă la perturbație dată cu debitul de gaz $\Delta G = 2670\left[\frac{\mathrm{Nm}^3}{\mathrm{h}}\right]$ — variantele I și III:

1) $K_r = 1{,}04\left[\frac{\%}{^0\mathrm{C}}\right]$; $T_i = 167$ [s]; $K_d = 1$; $T_d = 208$ [s] – varianta I;

2) $K_r^k = 0{,}5\left[\frac{^0\mathrm{C}}{^0\mathrm{C}}\right]$; $T_i^k = 500$ [s]; $T_d^k = 140$ [s];

$K_r = 0{,}78\left[\frac{\%}{^0\mathrm{C}}\right]$; $T_i = 37{,}5$ [s] – varianta III.

3.2. *Varianta II*. Prin închiderea contactului *K* în schema modelată (fig. 6), se realizează schema de reglare a temperaturii, varianta II.

Introducerea unei legături de anticipare de la poziția ventilelor de reglare ale turbinei modifică structura funcțiilor de transfer între perturbația de sarcină și temperaturile θ_r și θ_e.

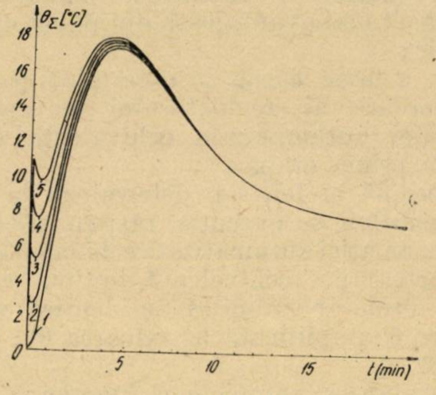


Fig. 11. Răspunsurile instalației automatizate echivalente la perturbație dată cu ventilele de reglare ale turbinei $\Delta H_T = -30$ [mm] — varianta II:

1) $K_d^H = 0$; $\theta_\Sigma = \theta_\Sigma^H$ – varianta I; 2) $K_d^H = 0{,}085\left[\frac{^0\mathrm{C}}{\mathrm{mm}}\right]$;

3) $K_d^H = 0{,}17\left[\frac{^0\mathrm{C}}{\mathrm{mm}}\right]$; 4) $K_d^H = 0{,}254\left[\frac{^0\mathrm{C}}{\mathrm{mm}}\right]$;

5) $K_d^H = 0{,}34\left[\frac{^0\mathrm{C}}{\mathrm{mm}}\right]$; $T_d^H = 83$ [s]; $K_d = 1$;

$T_d = 208$ [s]; $\theta_\Sigma = \theta_\Sigma^H + \theta_v^H$

Acordarea diferențiatorului D-II s-a făcut alegînd constanta de diferențiere astfel încît semnalul de anticipare să devină nul (fig. 11) la valoarea maximă a semnalului-sumă $\theta_\Sigma = \theta_e^H + \theta_v^H$ (practic puțin după această valoare).

Alegerea factorului de amplificare a diferențiatorului s-a făcut urmărindu-se aspectul răspunsului tranzitoriu pentru diferite valori K_d^H.

S-au stabilit ca optime următoarele valori pentru parametrii de acordare ai schemei de reglare, varianta II :

$$K_r \Pi_r = 1{,}04 \ [\%/°C]; \quad T_i = 167 \ [s]$$
$$K_d = 1; \quad T_d = 208 \ [s]$$
$$K_d^H = 0{,}17 \ [°C/mm]; \quad T_d^H = 83 \ [s]$$

3.3. *Varianta III*. Transpunerea pe model direct a schemei structurale din figura 2 nu este posibilă deoarece nu se poate modela direct funcția de transfer a regulatorului PID.

$$Y_{PID}(s) = K_r^k \left(1 + T_d^k s + \frac{1}{T_i^k s}\right).$$

Simularea componentei D ideale se poate face numai împreună cu un termen suplimentar care să conțină s la numitor.

Deci regulatorul PID poate fi simulat dacă se adaugă un termen de corecție :

$$Y_{PID}^c(s) = \frac{K_r^k}{1 + T_c s}\left(1 + T_d^k s + \frac{1}{T_i^k s}\right).$$

În figura 12, regulatorul PID ideal a fost simulat împreună cu un termen de corecție luat chiar din schemă. Pentru ca să nu se modifice comportarea, este necesar ca noua schemă să fie echivalentă cu cea inițială din punctul de vedere al perturbațiilor considerate (element de execuție sarcină, debit de gaz, mărime de referință).

În figura 12 se dă schema echivalentă a cărei comportare este identică cu a schemei structurale din figura 2.

Luînd în considerare schema structurală de reglare, s-a făcut mai întîi acordul separat al conturului de stabilizare Y_1, θ_r, Y_{PI}.

Întrerupînd legătura $\theta_e - Y_{PID}$, s-au determinat două familii de răspunsuri tranzitorii la perturbații ale mărimii de execuție, modificînd alternativ factorul de amplificare și constanta integrală.

Parametrii optimi de acordare au rezultat :

$$K_r = 0{,}78 \ [\%/°C]; \quad T_i = 44 \ [s].$$

Acest acord depinde numai de funcția de transfer Y_1.

Restabilind legătura $\theta_e - Y_{PID}$ și avînd predeterminați parametrii regulatorului de stabilizare, s-au determinat parametrii de acordare ai regulatorului *PID*.

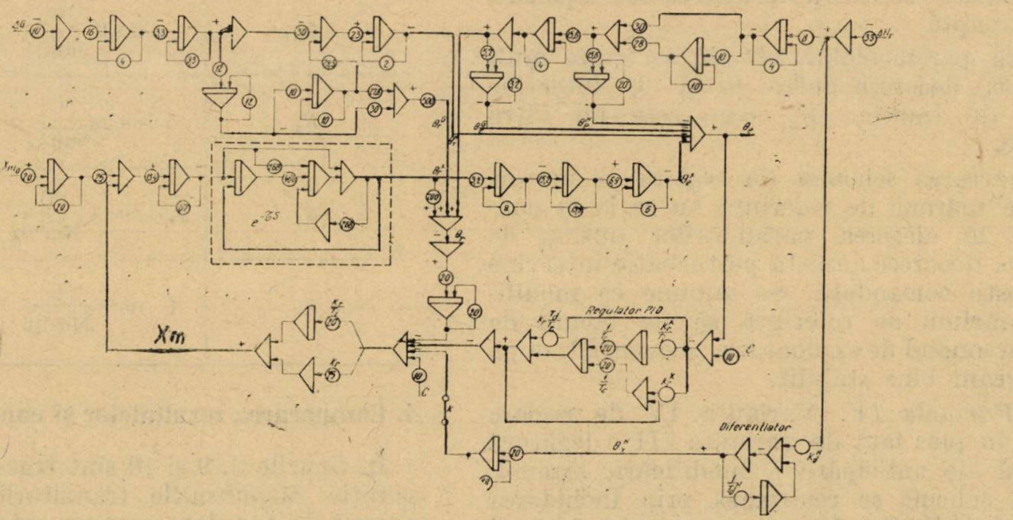


Fig. 12. Schema modelată a buclei de reglare a temperaturii aburului — variantele III și IV :
Observație : *1* — valorile coeficienților sînt înmulțite cu 50 ; *2* — contactul *K* deschis — varianta III ; *3* — contactul *K* închis — varianta IV ; *4* — scara de timp 1 :10.

S-a constatat că prin introducerea regulatorului corector se mai poate micșora constanta integrală aleasă inițial pentru regulatorul de stabilizare și se poate obține suprareglarea temperaturii θ_r. Aceasta determină o micșorare sensibilă a valorii abaterii maxime a parametrului (fig. 8).

Parametrii optimi de acordare sînt :

— pentru regulatorul de stabilizare :

$$K_r = 0{,}78 \ [\%/°C]; \quad T_i = 37{,}5 \ [s];$$

— pentru regulatorul corector :

$$K_r^k = 0{,}5 \ [°C/°C]; \quad T_i^k = 500 \ [s]; \quad T_d^k = 140 \ [s].$$

Verificînd parametrii de acordare la perturbație de sarcină (fig. 9, curbele *3*), se constată viteza mică de revenire a parametrului, ca urmare a valorii mari a constantei integrale a regulatorului corector.

Din punct de vedere practic se poate considera că regulatorul de temperatură lucrează cu eroare staționară. Eroarea staționară este cu atît mai mare cu cît este mai mic factorul de amplificare K_r^k. Acest factor de amplificare nu poate fi mărit mai mult deoarece abaterea maximă negativă a temperaturii după răcitor ar atinge valori inadmisibile.

Răspunsurile tranzitorii obţinute la perturbaţie a debitului de gaz (fig. 10, curbele *2*) păstrează aspectul general al răspunsurilor obţinute pentru varianta I. Durata tranzitorie a procesului este însă mai mare, ca şi abaterea negativă a parametrului θ_e.

Din răspunsurile tranzitorii determinate cu ajutorul calculatorului a rezultat că prelucrarea perturbaţiei, dată cu mărimea de referinţă, se face cu un suprareglaj foarte mare al temperaturii aburului după răcitor. Aceasta se datoreşte în primul rînd componentei diferenţiale a regulatorului corector, care amplifică valoarea perturbaţiei treaptă.

Asupra parametrului, efectul se simte mult diminuat, deoarece între θ_r şi θ_e intervine funcţia de transfer Y_2, care este un filtru puternic.

Comportarea schemei de reglare la perturbaţii ale mărimii de referinţă nu se ia în considerare la alegerea parametrilor optimi de acordare, deoarece această perturbaţie intervine rar şi este comandată. Se impune ca modificarea mărimii de referinţă să fie făcută de către personalul de exploatare, secvenţial, după un program bine stabilit.

3.4. *Varianta IV.* Varianta IV de reglare conţine în plus faţă de varianta III o legătură dinamică de anticipare a modificării sarcinii. Această schemă se realizează prin închiderea contactului K (fig. 12) şi corespunde schemei structurale din figura 2.

Dinamic se comportă diferit numai la perturbaţii de sarcină, deoarece introducerea semnalului de anticipare nu modifică acordul fixat pentru varianta III.

Parametrii de acordare au fost aleşi ţinînd seama de răspunsurile tranzitorii obţinute pe calculator. S-au ales următoarele valori de acordare :

$$K_r = 0{,}78\ [\%/°\mathrm{C}]; \quad T_i = 37{,}5\ [\mathrm{s}];$$

$$K_r^k = 0{,}50\ [°\mathrm{C}/°\mathrm{C}]; \quad T_i^k = 500\ [\mathrm{s}];$$

$$T_d^k = 140\ [\mathrm{s}];$$

$$K_d^H = 0{,}0425\ [°\mathrm{C}/°\mathrm{C}]; \quad T_d^H = 166\ [\mathrm{s}].$$

Se constată că efectul util al introducerii legăturii de anticipare de la sarcină este destul de redus (fig. 9, curbele *4*). Aceasta deoarece nu se poate utiliza o valoare mai mare K_d^H, fiind limitaţi de factorul de suprareglare al temperaturii θ_r.

Factorul de suprareglare este destul de mare, chiar pentru varianta III, la un factor de amplificare al regulatorului corector $K_r^k = 0{,}5$.

Viteza redusă de revenire a parametrului la valoarea de referinţă rămîne ca o carenţă şi pentru varianta IV.

În tabela 1 se dă corespondenţa dintre factorii de amplificare ai instalaţiei automatizate reale şi de pe model.

Tabela 1

Factorii de amplificare	Valoarea din instalaţie	Valoarea de pe model
K_1	$-1{,}54\ \frac{°\mathrm{C}}{\%}$	$-0{,}8$
K_2	$1{,}31\ \frac{°\mathrm{C}}{\%}$	$1{,}31$
K_3	$-0{,}132\ \frac{°\mathrm{C}}{\mathrm{mm}}$	$0{,}313$
K_4	$-0{,}26\ \frac{°\mathrm{C}}{\mathrm{mm}}$	$-0{,}62$
K_5	$2{,}5 \cdot 10^{-3}\ \frac{°\mathrm{C}}{\mathrm{Nm}^3/\mathrm{h}}$	$1{,}72$
K_6	$1 \cdot 10^{-3}\ \frac{°\mathrm{C}}{\mathrm{Nm}^3/\mathrm{h}}$	$-0{,}69$

4. Compararea rezultatelor şi concluzii

În figurile 8, 9 şi 10 sînt trasate pentru comparaţie răspunsurile tranzitorii la parametrii optimi de acordare, pentru principalele perturbaţii care pot interveni în sistemul de reglare al temperaturii.

Comportarea statică a celor patru variante de schemă ar trebui în mod teoretic să fie identică.

Mărimea intermediară θ_r este menţinută la toate variantele după o caracteristică statică la perturbaţie de sarcină şi a debitului de gaz şi o caracteristică astatică la perturbaţie a mărimii de execuţie.

Parametrul θ_e trebuie să fie menţinut după o caracteristică astatică la toate perturbaţiile, exceptînd perturbaţia mărimii de referinţă. Variantele III şi IV la perturbaţii de sarcină şi ale debitului de gaz prezintă o viteză mică de revenire pe valoare din cauza valorii mari a constantei integrale T_i^k. Din acest motiv în mod practic se poate considera că avem o reglare cu eroare staţionară.

Deci, din punct de vedere static, variantele III şi IV se comportă mai slab decît primele două.

Comportarea dinamică

1. La perturbaţie a mărimii de execuţie, varianta III permite o reducere cu 56,6% a abaterii dinamice a parametrului faţă de varianta I şi o reducere a duratei răspunsului tranzitoriu de la 18 minute la 5 minute, dacă se

admite aceeași valoare remanentă de 0,2 grd. (fig. 8). Se menționează că variantele II și IV se deosebesc de variantele I și II numai în ceea ce privește comportarea dinamică la perturbație de sarcină. Pentru celelalte perturbații comportarea este identică.

2. Perturbația de sarcină, ca urmare a modificării poziției ventilelor de reglare ale turbinei, este prelucrată după cum urmează :

— dacă luăm ca bază varianta I, atunci, în ceea ce privește abaterea dinamică maximă a parametrului, varianta II permite o reducere cu 16,5%, varianta III cu 28%, iar varianta IV cu 34% ; de remarcat că varianta IV permite față de varianta III o reducere cu numai 7% ;

— durata răspunsului tranzitoriu este mult mai redusă la primele două variante față de variantele III și IV (21 minute față de 33 minute la o valoare remanentă de 0,2 grd.). Curba răspunsului tranzitoriu trece prin zero la primele două variante, ceea ce micșorează durata răspunsului tranzitoriu. De asemenea, stabilirea parametrului pe valoare este mult mai bună decît la variantele III și IV.

3. Perturbația debit de gaz este prelucrată de schema de reglare varianta III cu o abatere dinamică maximă mai mică cu 22% față de varianta I. În schimb, durata răspunsului tranzitoriu la varianta I, de 35 minute, este mult mai mică față de aproape 50 minute pentru varianta III.

4. Perturbația mărimii de referință este preluată de către regulatorul corector al variantei III, cu un suprareglaj foarte mare al temperaturii aburului după răcitor θ_r. Acest lucru impune modificarea mărimii de referință în impulsuri date la intervale de timp. Varianta I preia această perturbație mult mai bine, permițînd chiar modificarea în treaptă a mărimii de referință.

În concluzie, variantele de reglare I și III satisfac reglarea temperaturii aburului, însă, comparativ, fiecare are un dezavantaj :

— varianta III permite o reducere importantă a abaterii dinamice maxime la principalele perturbații (mărime de execuție, sarcină, debit de gaz), însă conduce la o durată mai mare a procesului tranzitoriu la perturbații de sarcină și debit de gaz și la o stabilizare mai lentă a parametrului pe valoare ;

— varianta I conduce la abateri dinamice mai mari, însă durata procesului tranzitoriu este mai scurtă și stabilizarea parametrului mai bună decît la varianta III.

Pentru cazanul TGM-84 schema de reglare varianta I poate fi acceptată luînd în considerare următoarele aspecte suplimentare :

— abaterile dinamice, deși superioare celor obținute în cazul variantelor III și IV, sînt totuși mici ca valoare absolută ;

— aparatura de reglare mai simplă (element *D* întîrziat și regulator PI, față de regulator PI și PID în cazul variantei III) ;

— folosirea unui semnal de anticipare de la sarcină (varianta II) permite îmbunătățirea dinamicii schemei la aceste perturbații.

Extinderea concluziilor pentru cazane cu tambur în general se poate face, deoarece funcțiile indiciale folosite în lucrare nu prezintă particularități (sînt funcții tipice pentru cazane cu tambur), însă trebuie ținut seama de următoarele observații :

— în cazul în care condițiile siguranței de exploatare (pericol de fluaj, limitarea gradientului de temperatură la anumite valori) impun o limitare severă a valorilor abaterilor maxime ale temperaturii aburului, trebuie folosită varianta de reglare III ; în acest caz trebuie să se accepte o durată mai mare a răspunsului tranzitoriu și o stabilizare mai lentă a parametrului pe valoare ;

— în cazul în care există condiția de limitare strictă a abaterilor maxime ale temperaturii și nu se dispune de un regulator PID, se pot folosi două regulatoare PI în cascadă, însă adăugînd un semnal suplimentar de anticipare a variațiilor de sarcină (varianta IV cu un regulator corector PI).

Aplicarea de la caz la caz trebuie făcută cu discernămînt, în funcție de condițiile constructive și de exploatare care sînt impuse.

ANEXĂ

Comportarea schemei de reglare a temperaturii aburului în condițiile cuplării regulatorului real la calculatorul analogic IRME

Scopul urmărit este de a arăta dacă regulatorul RPIK, folosit la unele instalații energetice din țară, poate fi asimilat sau nu cu un regulator PI fără constantă adițională.

Pentru aceasta se studiază comparativ comportarea dinamică a schemei de reglare cu semnal de anticipare, în cazul în care se folosește un regulator PI ideal și în cazul în care se folosește un regulator RPIK-T.

Circuitul de reglare realizat cu regulator RPIK-T nu se deosebește de cel prezentat în figura 6 decît prin substituirea regulatorului PI ideal cu regulator RPIK-T.

Instalația automatizată a fost modelată numai corespunzător perturbației mărimii de execuție.

Un divizor de tensiune permite introducerea semnalului sumă $\theta_{\Sigma}^{x} = \theta_{v} + \theta_{e}^{x}$ direct pe grila tubului de intrare a regulatorului. Semnalul de ieșire comandă un servomotor care antrenează ca organ de reglare un potențiometru alimentat de la o sursă separată.

Diferențiatorul s-a realizat pe calculator cu funcția de transfer corespunzătoare aparatului real DL-T.

Răspunsurile tranzitorii obținute sînt trasate în figura 13. Dacă comparăm răspunsurile tranzitorii la parametrii optimi în cazul în care se folosește pentru aceeași instalație automatizată un regulator PI ideal și apoi un regulator RPIK, se constată că aspectul răspunsurilor tranzitorii este aproape identic. De asemenea, valorile abaterilor dinamice maxime, precum și durata răspunsurilor tranzitorii sînt foarte apropiate. Aceasta arată că regulatorul RPIK folosit în instalațiile termoenergetice poate fi asimilat în studiul comparativ al diferitelor scheme de reglare pe calculator cu un regulator PI continuu și fără constantă adițională.

Numai în cazul în care prin caracterul procesului tehnologic nu se poate aduce panta caracteristicii organului de reglare la o valoare corespunzătoare, regulatorul RPIK, cu impulsuri și servomotor cu viteză constantă, este inferior unui regulator continuu cu viteză de acționare proporțională cu eroarea. În acest caz abaterea dinamică maximă nu poate fi micșorată sub o anumită valoare.

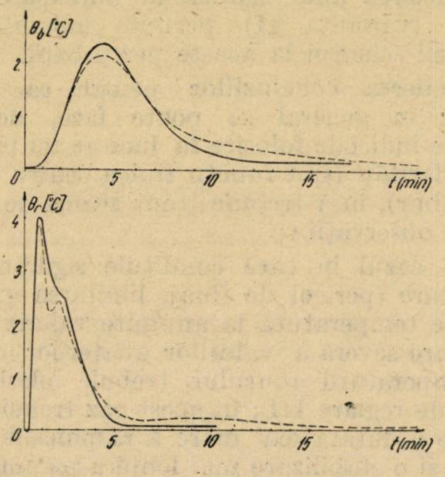


Fig. 13. Comportarea dinamică a schemei cu regulator PI ideal și cu regulator RPIK, $X_{m0} = -5$ [%]:
——— regulator RPIK : $\alpha_{V.I.} = 1{,}5$; $R_g = 5{,}6\ M\Omega$; $\alpha_{I.i.} = 2$; $\alpha_{ins.} = 1$; $\gamma_{org.reg.} = 1\left[\frac{V}{\%}\right]$; – – – – regulator PI : $K_r = 1{,}04\left[\frac{\%}{^0C}\right]$; $T_i = 167$ [s]; $K_d = 1$; $T_d = 208$ [s].

Notații

ΔG — abaterea debitului de gaz;

ΔH_T — modificarea poziției ventilelor de reglare ale turbinei;

$W_{inj.}$ — debitul condensatului de injecție;

C — mărime de referință;

X_m — mărime de execuție;

θ_r — abaterea temperaturii aburului după răcitor;

θ_r^x (θ_r^H; θ_r^G) — abaterea temperaturii aburului după injecție la perturbație a mărimii de execuție (analog pentru perturbație ΔH_T, respectiv ΔG);

θ_e — abaterea temperaturii aburului la ieșire din supraîncălzitor:

θ_e^x (θ_e^H; θ_e^G) — abaterea temperaturii aburului la ieșire din supraîncălzitor la perturbație a mărimii de execuție (analog pentru perturbație ΔH_T, respectiv ΔG;

θ_v — semnalul la ieșire din diferențiatorul D–I;

θ_v^H — semnalul la ieșire din diferențiatorul D–II;

θ_{opt} — semnalul abaterii temperaturii θ_r^x amplificat la valoarea stabilizată θ_e^x;

θ_Σ^x (θ_Σ^H; θ_Σ^G) — semnalul sumă la intrarea în regulator pentru perturbație X_m; $\theta_\Sigma^x = \theta_e^x + \theta_v$ (analog pentru perturbație ΔH_T, respectiv ΔG); varianta I;

$\theta_\Sigma = \theta_\Sigma^H + \theta_v^H$ — semnalul sumă la intrare în regulator, pentru perturbație ΔH_T, avînd în schema de reglare și diferențiatorul D–II; varianta II;

$K_1 \div K_6$ — factorii de amplificare corespunzători funcțiilor de transfer $Y_1 \div Y_6$;

K_r — factorul de amplificare al regulatorului PI;

T_i — constanta de integrare a regulatorului PI;

K_r^k — factorul de amplificare al regulatorului PID;

T_i^k — constanta de integrare a regulatorului PID;

T_d^k — constanta de diferențiere a regulatorului PID;

K_d — factorul de amplificare al diferențiatorului D–I;

K_d^H — factorul de amplificare al diferențiatorului D–II;

T_d — constanta de diferențiere a diferențiatorului D–I;

T_d^H — constanta de diferențiere a diferențiatorului D–II.

Bibliografie

[1] Kogan, Y.A.B. *Dispozitive electronice de modelare și folosirea lor pentru studiul sistemelor de reglare automată.* Editura Tehnică, București, 1964.

[2] *** *Computer Handbook, Analog Computers.* Editura Mc Graw Hill Book Company, în redactarea lui Granino A. Korn și Harry D. Huskey, New York, 1962.

[3] Aleksandrova, N. D. *Calculul parametrilor de acordare dinamică ai regulatorului de temperatură a aburului cu semnal de anticipare.* Teploenerghetika nr. 4, 1965.

[4] Berbece, C.: *Reglarea temperaturii aburului la cazanele cu tambur, scheme și metode de acordare.* Energetica nr. 2, 1968.

(Articol intrat în redacție la 18 mai 1968)

———o———

Valorificarea căldurii fizice a zgurelor metalurgice

Prof. dr. docent ing. I. Vlădea, ing. A. Derigault, ing. V. Feldmann*)

Furnalele înalte, cuptoarele de oţelărie şi alte diverse cuptoare metalurgice elimină însemnate cantităţi de zgură topită la temperatura de circa 1500°C şi cu un conţinut de căldură de 400–500 kcal/kg [1]. În cele ce urmează se descrie o instalaţie care permite folosirea acestei călduri pentru producere de energie electrică.

O parte din zgura de furnal se foloseşte la fabricile de ciment. În acest scop, zgura se granulează prin împroşcarea unui jet de apă şi astfel căldura fizică a zgurei evaporează o parte din apa de granulare. La uzinele „Dorman Long" din Anglia s-a încercat să se capteze acest abur şi să se conducă într-o turbină. S-a constatat că, din cauza prezenţei în abur a hidrogenului sulfurat, paletajul turbinei se corodează foarte repede.

În lucrarea de faţă s-a preconizat o schemă care înlătură acest inconvenient, cu ajutorul unui schimbător de căldură care permite alimentarea turbinei cu abur perfect curat.

Descrierea instalaţiei de recuperare

Căldura sensibilă a zgurei trebuie mai întîi cedată unui bazin cu apă, în aşa fel încît temperatura acesteia să se ridice pînă la punctul de fierbere de circa 100°C. Acest lucru se poate obţine prin simpla turnare a zgurei lichide într-un bazin suficient de adînc (6–7 m). În acest caz, zgura se obţine sub formă de bulgări. Ea se poate împroşca într-un asemenea bazin şi cu ajutorul unui jet de apă (fig. 1), dacă este necesar să se obţină zgură granulată.

Un inconvenient în calea valorificării căldurii din zgură este caracterul intermitent al producerii acesteia; zgura este livrată la „consumator" sub formă de „şarje", aduse în vagoane-cuvă. Acest fapt implică necesitatea de a dispune de bazine cu un volum suficient de mare pentru a acumula căldura primită la fiecare şarjă şi a o ceda apoi în mod uniform consumatorului, fără ca temperatura din bazin să varieze în timpul acestor procese cu mai mult de 10 grd.

În cazul unei producţii anuale de zgură (de furnal şi oţelărie), totalizînd un milion tone pe an, livrată sub formă de şarje expediate aproximativ din oră în oră şi conţinînd deci în medie cîte circa 120 tone – deci cîte circa 50 Gcal, bazinul de granulare trebuie să aibă un volum de 5000 m³. Un asemenea bazin, avînd o adîncime medie de 6 m, ocupă o suprafaţă de 30 × 30 m şi necesită un volum de betoane de circa 2000 m³. Costul lui se poate estima la 3 milioane lei. Apa din bazin se poate încălzi pînă la punctul de fierbere, la vărsarea şarjelor, şi se va răci progresiv pînă la circa 90°C, pînă la sosirea proximei şarje, fiecare m³ de apă cedînd între timp turbinei cu abur cîte circa 10 000 kcal.

O parte din zgura aruncată în bazin va cădea imediat pe fundul acestuia, de unde va fi antrenată spre un puţ colector de către un transportor cu lanţ fără fine. Puţul va fi deservit de o macara Bagger. O altă parte va pluti cîtva timp pe suprafaţa bazinului sub formă de granule expandate. Această spumă va fi dirijată permanent spre puţul colector de către un curent de apă. Granulele care vor pluti în apă vor fi oprite de către o sită rotativă (fig. 1).

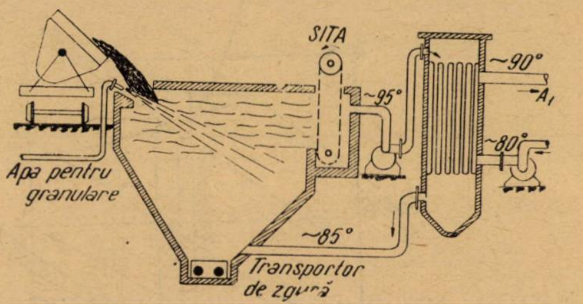


Fig. 1. Bazin de stingere şi schimbător de căldură.

Apa încălzită în bazinul de stingere, în medie la 95°C, va fi vehiculată printr-un schimbător de căldură cu ajutorul unei pompe de circa 100 kW. Aceeaşi putere va fi necesară şi pentru antrenarea apei pure prin schimbătorul de căldură. Debitul vehiculat prin schimbător, în care fiecare litru de apă cedează, respectiv primeşte cîte 10 kcal, va fi de circa 5000 m³/h, respectiv 1 400 litri/s, pompele asigurînd o presiune de circa 4 m H_2O.

Schimbătorul de căldură trebuie construit dintr-un material care să nu fie atacat de hidrogenul sulfurat din apa în care se aruncă zgura. Pentru ca schimbul de căldură să se facă cu o pierdere minimă de temperatură şi pentru a opune o rezistenţă minimă la trecerea apei se vor folosi tuburi lungi, Ø 20/22 mm, plasate vertical, astfel încît apa impurificată să circule de sus în jos prin interiorul tuburilor, iar apa curată să circule de jos în sus prin exteriorul lor, în contracurent (fig. 1). S-a admis că apa impurificată se va răci în medie de la 95 la 85°C, încălzind apa curată de la circa 80 la 90°C.

Pentru dimensionarea schimbătorului de căldură s-a ales o viteză a apei de 1 m/s prin tuburi şi printre tuburi şi o diferenţă constantă de temperatură dintre pereţii interiori şi exteriori ai tuburilor de 5 grd. Coeficientul α de transfer al căldurii metal-apă sau apă-metal se calculează cu formula lui Schack [3], obţinîndu-se $\alpha \cong 6\,000$ kcal/m^2·h·grd şi un coeficient de transfer al căldurii de la apa impurificată la apa curată $k \cong 3\,000$ kcal/m^2·h·grd. La diferenţă constantă de temperatură pe întregul traseu, de 5 grd. prin fiecare m^2 ţeavă vor trece orar de la circuitul primar la cel secundar circa 15 000 kcal.

---

*) Ioan Vlădea este profesor la Institutul politehnic Timişoara; Adrian Derigault a fost energetic şef al Combinatului siderurgic Reşiţa; Victor Feldmann este şeful Inspecţiei energetice regionale Banat.

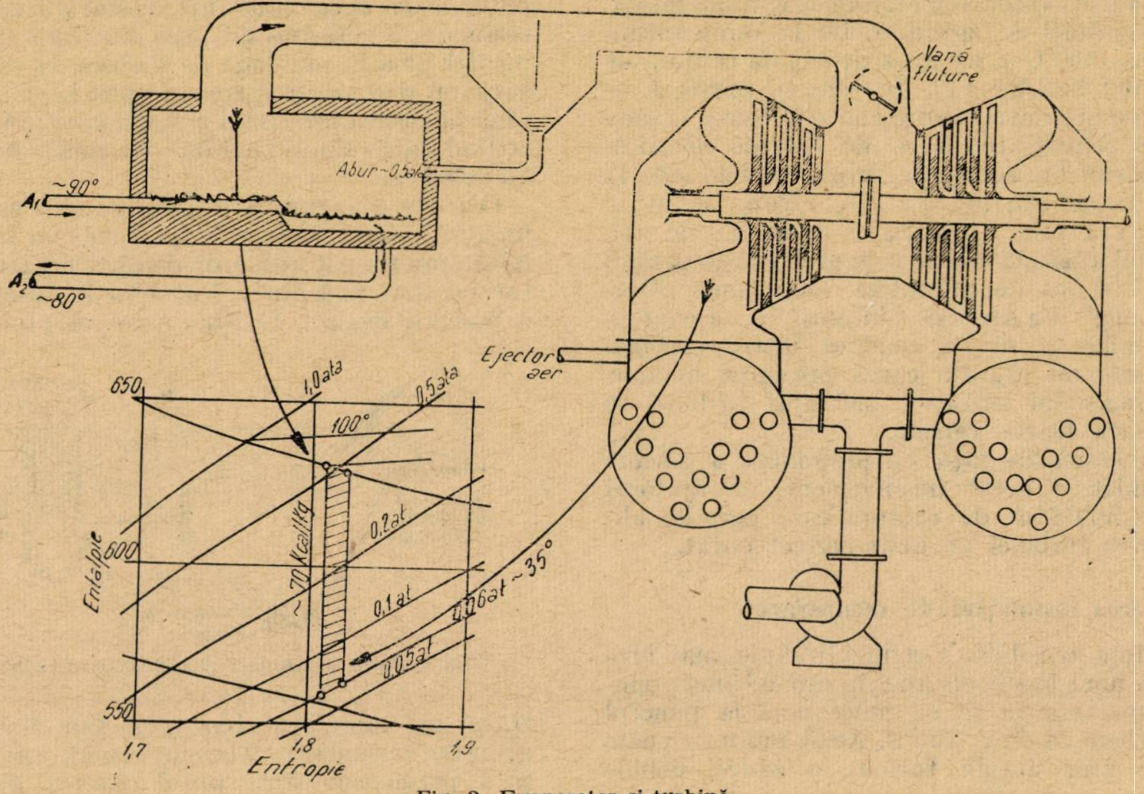

Vană fluture
Abur ~0,5at
~90°
A1
A2
~80°
Ejector aer
650
600
550
1,0ata
0,5ata
100°
0,2at
0,1at
0,06at
~35°
0,05at
70 Kcal/kg
Entalpie
1,7
1,8
1,9
Entropie

Fig. 2. Evaporator şi turbină.

Ca viteza apei prin tuburi să fie de 1 m/s, fiecare ţeavă transportă orar cantitatea de 1,13 m^3/h apă impurificată, care răcindu-se cu 10 grd. cedează apei curate care circulă prin exteriorul ţevilor cîte 11 300 kcal/h.

Capacitatea de transfer pe m^2 ţeavă fiind de 15 000 kcal/h, fiecare metru liniar de ţeavă va transfera 940 kcal/h, lungimea fiecărei ţevi fiind de circa 12 m.

Din calcule rezultă ca fiind necesari 50 000 m ţevi de aluminiu, de 20/22 m, grupate în trei fascicule paralele (fig. 3) de cîte 4 200 ţevi a 4 m lungime, cîntărind laolaltă circa 10 t. Fasciculele vor fi grupate într-un ansamblu de beton construit ca în figura 3, care va totaliza circa 200 m^3 de construcţie de beton armat. Costul construcţiei poate fi evaluat la circa 0,5 milioane lei, al ţevilor de aluminiu, inclusiv montajul, la circa 300 000 lei. Întreg schimbătorul de căldură se poate deci estima pentru exemplul de calcul considerat la circa 1 milion lei.

Apa fierbinte din circuitul secundar al schimbătorului de căldură va fi dirijată într-un evaporator-recipient din care s-a extras aerul, unde se evaporă, dînd abur saturat cu o entalpie de 630 kcal/kg.

Debitul de apă pompat prin evaporator fiind potrivit astfel ca apa să se răcească cu 10 grd, fiecare kilogram de apă care traversează evaporatorul cedează aburului cîte 10 kcal. Prin urmare, dacă prin evaporator se pompează cîte 5 000 m^3/h apă fierbinte, aceasta se va

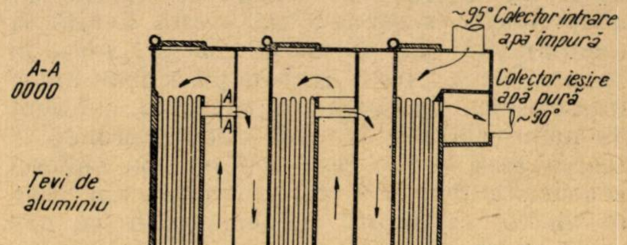

~95° Colector intrare apă impură
A-A
0000
Colector ieşire apă pură
~90°
Ţevi de aluminiu
A
A
Colector intrare apă pură
~80°
Colector ieşire apă impură
~85°

Fig. 3. Construcţia schimbătorului de căldură.

răci cu 10 grd, dacă turbina va consuma circa : $\frac{50\ \text{Gcal/h}}{630} = 80$ t/h abur saturat.

Acest abur va ieşi din evaporator cu o temperatură medie de 85 grd. şi presiunea de circa 0,5 at.

Evaporatorul va fi dimensionat să corespundă la o încărcare de 2 t/m^3, astfel încît conţinutul de picături de apă antrenat de abur să nu depăşească 1%. La o producţie orară de 80 t corespunde un spaţiu de abur de 40 m^3.

Evaporatorul respectiv va fi construit dintr-un canal de 3 m lăţime şi circa 0,5 m adîncime, prin care apa fierbinte curge cu circa 1 m/s, acoperit cu o boltă semicilindrică şi avînd lungimea de circa 12 m, cu 1—2 „cascade" pentru amestec.

Aburul produs intră într-o turbină, după ce în prealabil trece printr-un separator de picături. În turbină se destinde pînă la presiunea din condensator, care este determinată de temperatura de ieşire a apei din condensator. Aceasta va fi cu 5—10 grd. mai mică decît temperatura la buraj. Dacă instalaţia dispune de apă proaspătă, aceasta va ieşi din condensator cu circa 25°C, corespunzînd unei temperaturi a aburului la buraj de 30—35°C şi unei presiuni finale de 0,06 at. În acest caz, destinderea aburului de 0,5 at pînă la presiunea din condensator corespunde unui lucru mecanic de circa 70 kcal/kg (fig. 2). Aceste condiţii de lucru se realizează iarna şi în instalaţii obligate să folosească turnuri de răcire. În timpul verii acestea vor lucra însă cu un vid de 0,08 at, pentru care disponibilul de energie pentru producerea de lucru mecanic se reduce la vreo 60 kcal/kg.

Pentru a prelucra această cădere, se va folosi o turbină formată din două cozi de turbine cu acţiune (fig. 2), compuse din ultimele trei trepte de palete ale unei construcţii uzuale, un etaj putînd fi încărcat cu circa 25—30 kcal/kg. Fiecare din cele două „cozi" de turbine va condensa jumătate din aburul extras din evaporator. Cele două cozi de turbină corespund unor turbine uzuale de 8 MW, 40 at şi 440°C, iar condensatoarele vor fi dimensionate pentru 40 t/h.

Pentru a calcula puterea ce se va obţine de la un asemenea agregat, din disponibilul de căldură obţinut pentru producerea lucrului mecanic (60—70 kcal/kg) se va scădea cuantumul necesar pentru evacuarea aburului din paletajul turbinei în condensator, care la o viteză a aburului la ieşirea din paletaj de 250 m/s va fi : $\left(\frac{250}{91,8}\right) = 8$ kcal/kg.

Cu restul de 52—62 kcal/kg şi luînd un randament global de 0,75, se obţine un consum de circa : $\frac{860}{0,75\,(70-8)} = 18,5$ kg/kWh pentru instalaţiile care lucrează cu apă proaspătă la condensator, respectiv circa 22 kg/kWh la cele care lucrează cu turnuri de răcire.

Luînd în considerare căldura readusă în circuitul secundar al evaporatorului de către condensat, se va obţine un consum specific de 11 500 kcal/kWh, respectiv de 13 000 kcal/kWh. Pentru exemplul tratat mai sus se va obţine deci la 8 760 ore funcţionare pe an o producţie auxiliară de 35 milioane, respectiv 30 milioane kWh, corespunzînd unei puteri la bornele generatorului de 4, respectiv 3,5 MW. Costul unui asemenea grup poate fi estimat la circa 6 milioane lei.

Turbina, fiind obligată să funcţioneze permanent la plină sarcină, nu are nevoie de regulator automat. Pentru punerea în paralel, turbina va fi înzestrată cu o vană fluture; după punerea în paralel aceasta se deschide complet, rămînînd permanent deschisă. Ca protecţie contra ambalării (de exemplu, în cazul unei declanşări intempestive), un excentric centrifugal de siguranţă va comanda deschiderea unei clape de comunicare între evaporator şi atmosferă. Pierderea vidului duce la încetarea instantanee a producţiei de abur.

Nedispunînd de abur pentru etanşarea labirinţilor, aceştia vor putea fi etanşaţi cu segmenţi de grafit sau cu inele de apă.

La demaraj, evaporatorul şi conducta de racord (scurtă şi groasă) spre turbină se umplu în prealabil cu apă; apoi se închid ermetic şi apa este pompată afară pînă la nivelul de regim, cu o pompă plasată sub evaporator şi debitînd contra unei presiuni de 10 m H_2O.

În ceea ce priveşte consumul de energie al instalaţiilor auxiliare, s-a arătat că puterea necesară pentru pomparea apei prin schimbătorul de căldură este de circa 2 × 100 kWh. Pompa de răcire va trebui să împingă prin condensator cîte circa $60 \times 80 = 4\,800$ t/h sau 1 300 l/s. Dacă instalaţia dispune de apă proaspătă, pompa va trebui să asigure o presiune de circa 8 m H_2O, consumînd o putere de circa 200 kW. În cazul folosirii unui turn de răcire, pompa va consuma o putere de circa 400 kW.

Ejecţia aerului se va face cu un ejector care consumă 6 t apă/t abur, lucrînd la o presiune de 30 m H_2O [4]. Pompa va avea un debit de 480 t/h, consumînd circa 80 kW.

Puterea instalaţiilor auxiliare va fi de circa 500 kW, în cazul în care se dispune de apă proaspătă, şi de circa 700 kW, în cazul cînd instalaţia funcţionează cu turn de răcire. În primul caz, instalaţia de circulaţie a apei de răcire se poate evalua la circa 2 milioane lei. Dacă instalaţia este înzestrată cu turn de răcire, costul ei se va ridica la circa 8 milioane lei.

În rezumat, o producţie de zgură de circa 1 milion t/an permite producerea unei puteri medii de circa 3,5 MW, dacă se dispune de apă proaspătă pentru condensare, sau de circa 2,8 MW, în cazul cînd nu există apă proaspătă.

Desigur, din punct de vedere pur termotehnic, centrala are un randament foarte scăzut. Se remarcă însă că instalaţiile necesare sînt extrem de simple, deservirea este puţin pretenţioasă, iar producţia de energie este asigurată permanent din resurse energetice secundare, care altfel se pierd.

Eficienţa economică a valorificării căldurii fizice a zgurelor metalurgice

Din cele prezentate rezultă că valorificarea căldurii unei producţii de circa 1 milion t/an zgură impune, în cazul cînd se dispune de apă proaspătă pentru condensare, efectuarea următoarelor cheltuieli estimative :

— bazin de granulare de 30 × 30 × 6 m	3 000 000 lei
— schimbător de căldură	1 000 000 ”
— evaporator	1 000 000 ”
— turbogrup avînd turbină din două cozi	6 000 000 ”
— instalaţie de circulaţie a apei de răcire cu apă proaspătă	2 000 000 ”
— auxiliare, diverse	2 000 000 ”

Valoarea totală a lucrării este de 15 000 000 lei, faţă de circa 21 000 000 lei cît ar fi în cazul cînd nu există apă proaspătă pentru condensare.

Pentru calculul eficienţei economice a valorificării căldurii fizice a zgurei se vor determina „cheltuielile anuale de calcul” Z, atît pentru cazul dat, luînd în considerare varianta cu apă de răcire proaspătă, cît şi pentru cazul unei centrale funcţionînd pe cărbuni.

Cheltuielile anuale de calcul pentru cele două variante vor fi :

a) *Cazul valorificării căldurii zgurei*

$$Z = C_n + 1/T_n \cdot I_{total},$$

în care :

C_n sînt cheltuieli anuale totale ;

I_{total} — investiţiile totale ;

T_n — termenul normat de recuperare.

Luînd în considerare un preţ de cost de 0,1 lei/kWh, avînd în vedere că lipsesc cheltuielile pentru procurarea combustibilului şi o producţie anuală de 21 000 MWh, se obţine :

$$Z = 21\,000\,000 \times 0{,}1 + 0{,}1 \times 15\,000\,000 = 3\,600\,000 \text{ lei.}$$

În cazul în care pentru I_{total} s-ar lua valoarea de 21 000 000 lei, Z ar fi de circa 4 800 000 lei.

b) *Cazul unei centrale pe cărbune*

Se va lua în considerare o investiţie specifică în centrale termoelectrice (inclusiv reţele) de 3 500 lei/kW şi o investiţie în sectorul de extracţie a combustibilului de 883 lei/t.

Consumul specific al centralelor de echivalare fiind de 2 400 kcal/kWh, rezultă pentru 6 000 ore un consum de :

$$\frac{2\,400 \times 6\,000}{7.10} = 2{,}05 \text{ t c.c./kW.an},$$

respectiv o investiţie de 1 810 lei/kW pentru sectorul minier.

Preţul de cost al energiei se va calcula cu 0,175 lei/kWh. Cu aceste date se obţine :

$$Z = 21\,000\,000 \times 0{,}175 + 0{,}1 \times 3\,500$$

$$(3\,500 + 1\,810) = 5\,520\,000 \text{ lei.}$$

Din calculele sumare prezentate rezultă că cele două variante au cheltuieli anuale de calcul apropiate, chiar dacă am lua acelaşi preţ de cost al energiei electrice.

Observaţii generale

Schema propusă se găseşte în literatura de specialitate [5], importanţa ei practică a fost însă trecută cu vederea. Totuşi, prin 1927, la puţul nr. 1 al minei Anina s-a realizat o asemenea instalaţie. Căldura folosită pentru încălzirea apei pînă la punctul de fierbere provenea de la contrapresiunea maşinii de extracţie. Acest abur era condensat prin barbotare într-un rezervor orizontal de 8 m lungime şi 2,2 m diametru. Partea superioară a acestuia era prevăzută cu un dom, de unde se livrau 6 t/h abur de circa 0,6—0,7 at înaintea antepenultimului etaj al unei turbine cu acţiune, obţinîndu-se o putere de circa 400 kW. Această instalaţie, proiectată de regretatul prof. ing. A. Lupan, a funcţionat perfect timp de vreo 30 de ani.

În schema propusă, apa fierbinte dă circa 0,8 kWh/m^3, avînd deci o remarcabilă capacitate de acumulare. Într-adevăr, pentru a produce cu 1 m^3 apă 0,8 kWh într-o centrală hidroelectrică este nevoie de o cădere de aproximativ 400 m.

Ansamblul evaporator şi schimbător de căldură este echivalent cu un cazan de abur încălzit cu apă clocotită. Această apă poate fi produsă prin turnarea zgurei într-un bazin, dar poate proveni şi de la alte surse de apă fierbinte actualmente nefolosite : de exemplu, de la circuite de răcire la care apa este vehiculată în circuit închis, încălzindu-se de la circa 85 la 95°C la trecerea prin instalaţiile care trebuie răcite, răcindu-se din nou cu 10 grd. la trecerea prin schimbătorul de căldură propus mai sus. Asemenea scheme pot fi executate şi pentru instalaţii mici, de cîteva sute de kW, în care caz turbina va acţiona un generator asincron.

Funcţionarea sistemului poate fi verificată pe o machetă înlocuind turbina cu o duză de strangulare.

Bibliografie

[1] Sazanov, B. V. *Folosirea resurselor energetice secundare în uzinele siderurgice.* I.D.T.70/1583.

[2] Stali, nr. 2, 1964.

[3] Loschge, A. *Die Dampfkessel*, p. 84.

[4] Hütte, Ed. 26, vol. 2, p. 466—468.

[5] Melentiev, L. A. *Problemele de bază ale termoenergeticii industriale*, p. 334.

[6] Hütte, vol. I, ediţia românească, p. 477.

(Articol intrat în redacţie la 12 decembrie 1967)

Automatizarea cascadelor de centrale hidroelectrice funcţionînd pe firul apei

Ing. Irina Manea şi ing. Vlad Ionescu *)

Articolul de faţă îşi propune să abordeze un aspect al automatizării hidrocentralelor, în ceea ce priveşte reglarea automată a nivelului apei în tronsoanele de alimentare a centralelor hidroelectrice componente. Problema generală a conducerii unui hidrocentru comportă, în concepţia actuală a automaticii şi telemecanicii sistemelor energetice, automatizarea completă a încărcării cu putere activă şi reactivă a centralelor cît şi coordonarea regimurilor hidromecanice a centralelor funcţionînd cuplate hidraulic.

La nivelul sistemului energetic, conducerea unui hidrocentru poate fi încadrată în problema generală a reglării automate a frecvenţei şi repartiţiei optime a puterilor active. În prezent, introducerea reglării automate a frecvenţei este o problemă perfectată atît din punctul de vedere al studiului teoretic cît şi al aparaturii componente.

Reglarea frecvenţei, care se pune numai la nivelul sistemului energetic, reclamă pentru un hidrocentru repartizarea mărimii de acţionare a reglajului central între centralele componente, în ceea ce priveşte regimul de putere activă. O etapă imediat următoare, rezolvată momentan numai pentru un hidrocentru, este corelarea reglării automate a tensiunii cu repartiţie optimă a puterilor reactive.

În sistemul energetic românesc, o problemă importantă de automatizare o reprezintă conducerea hidrocentrului Bistriţa, care cuprinde centralele hidroelectrice aval CHE Bicaz, din care a fost realizată problema menţinerii automate a nivelului apei în canalele de alimentare.

Reglarea automată a nivelului este legată de regimul optim de funcţionare hidraulică a cascadei.

Articolul de faţă tratează în exclusivitate problema automatizării unei centrale hidroelectrice funcţionînd pe firul apei, automatizarea avînd pentru moment un caracter individual şi constînd din menţinerea constantă a nivelului apei din canal. În această privinţă s-au emis două variante reprezentînd două posibilităţi de reglare automată a nivelului.

Prima variantă constă în introducerea canalului de legătură dintre două centrale în circuitul de reglare automată în sensul că traductorul de măsură al nivelului este montat în amontele centralei reglate la începutul tronsonului de canal care o alimentează, ca în figura 1.

A doua variantă are un caracter local, în sensul că traductorul de măsură a nivelului este montat imediat în aval de centrala reglată, practic neintervenind nici o porţiune din tronsonul de canal plasat în avalul centralei considerate, ca în figura 2.

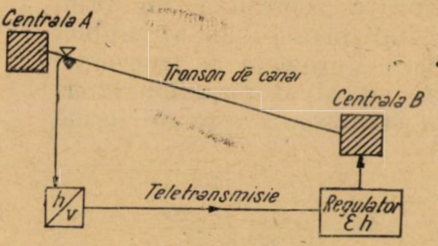


Fig. 1.

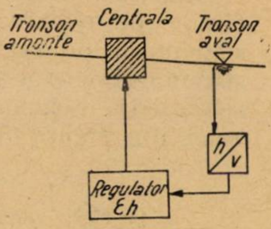


Fig. 2.

În cele ce urmează sînt discutate, din punctul de vedere al problemelor generale de teoria reglării automate, cele două variante, sub aspectul unei automatizări individuale.

1. Centrala hidroelectrică ca obiect reglat

Considerînd automatizările iniţiale în circuit închis, o centrală hidroelectrică poate fi reprezentată în schema structurală simplificată din figura 3.

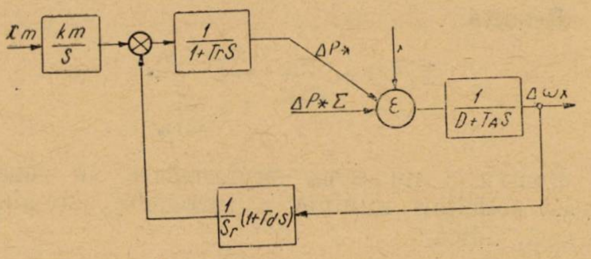


Fig. 3.

k_m – constanta servomotorului de încărcare; T_r – constanta de timp a regulatorului de turaţie; D – coeficientul de autoreglare a sarcinii sistemului energetic; T_A – timpul de lansare; S_r – gradul de statism al sistemului de reglare automată a turaţiei; T_d – timpul derivativ al corecţiei cu avans de fază; x_m – mărimea de execuţie; $\Delta P_* = \frac{P - P_c}{P_0}$, P_c – puterea program, P_0 – puterea de bază; $\Delta P_{*\Sigma}$ – contribuţia cu putere activă a restului centralelor din sistemul energetic; X – perturbaţia de putere activă; $\Delta\omega_* = \frac{\omega - \omega_0}{\omega_0}$ – abaterea relativă de pulsaţie.

Se consideră că dată fiind puterea instalată mică a centralei considerate, contribuţia pe care o dă cu putere activă nu conduce la modificarea frecvenței sistemului energetic. Astfel că, în regim normal de funcționare, schema structurală are aspectul din figura 4.

---

*) Irina Manea este inginer proiectant la I.S.P.H. Vlad Ionescu este cercetător la ICENERG.

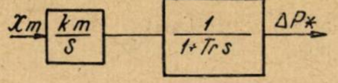


Fig. 4.

2. Automatizarea încărcării cu putere activă a centralei

Această automatizare reprezintă un prim circuit de reglare, indispensabil în ansamblul sistemului de reglare automată a frecvenței sistemului energetic cît și al puterilor interschimbate. Schema structurală este de forma celei din figura 5.

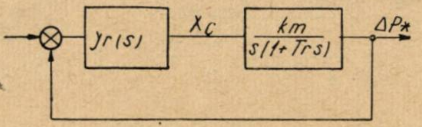


Fig. 5.

x_c – mărimea de acționare; $y_r(s)$ – funcția de transfer a regulatorului de putere activă.

Acordul sistemului de reglare se face pe baza repartiției polilor dominanți.

În consecință:

$$Y_r(s)\frac{k_m}{s(1+T_r s)}\equiv\frac{\omega_n}{2\xi}\cdot\frac{1}{s\left(1+\frac{s}{2\xi\omega_n}\right)}$$

în care, după cum se știe:

ξ — dictează suprareglajul sistemului;

ω_n — durata procesului tranzitoriu.

Rezultă:

$$Y_r(s)=\frac{\omega_n}{2\xi k_m}\,\frac{1+T_r s}{1+\frac{s}{2\xi\omega_n}}.$$

Pentru a nu avea suprareglare, în sensul unei solicitări minime a turbinelor, se alege $\xi = 1$, adică:

$$Y_r(s)=\frac{\omega_n}{2k_m}\,\frac{1+T_r s}{1+\frac{s}{2\omega_n}}.$$

Regulatorul este deci reprezentat de o rețea de corecție clasică, fie cu avans de fază $\left(T_r>\frac{1}{2\omega_n}\right)$, fie cu întîrziere de fază $\left(T_r<\frac{1}{2\omega_n}\right)$.

Funcția de transfer în stare deschisă este:

$$Y_1(s)=\frac{\omega_n}{2s}\,\frac{1}{1+\frac{s}{2\omega_n}}.$$

Notînd

$$2\omega_n=\frac{1}{T_e},$$

rezultă:

$$Y_1(s)=\frac{1}{4T_e s(1+T_e s)},$$

sau în stare închisă:

$$Y_{01}(s)=\frac{1}{(1+2T_e s)^2}.$$

Se notează $T=2T_e=\frac{1}{\omega_n}$, reprezentînd constanta de timp echivalentă a centralei automatizată în funcție de încărcarea cu putere activă.

Deci, în definitiv:

$$Y_{01}(s)=\frac{1}{(1+Ts)^2}.$$

Răspunsul indicial este:

$$\frac{Y_{01}(s)}{s}=1-\left(1+\frac{t}{T}\right)e^{-\frac{t}{T}},$$

durata procesului tranzitoriu fiind:

$$t_r=(6\div 8)\,T,$$

durată care dictează alegerea constantei T. Detalii asupra modului de proiectare a sistemului de reglare automată sînt date în [1].

În cazul considerat, funcția de transfer reală este:

$$Y_{01}(s)=\frac{1}{(1+30s)^2}\equiv Y_f(s)$$

în care $Y_f(s)$ este partea fixă a sistemului de reglare automată a nivelului.

3. Automatizarea menținerii nivelului

3.1. *Varianta a doua*

În acest caz, schema structurală este reprezentată în figura 6.

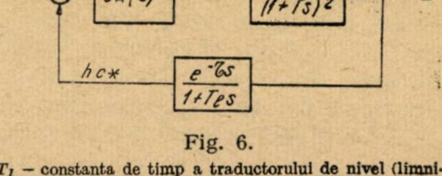


Fig. 6.

T_l – constanta de timp a traductorului de nivel (limnimetru); τ – timpul mort (de propagare) introdus de tronsonul de canal situat între centrală și locul de plasare a traductorului; $Y_R(s)$ – funcția de transfer a regulatorului de nivel; h_* – nivelul relativ din canal; h_{0*} – consemnul de nivel.

Se vede imediat că schema structurală considerată impune un reglaj al puterii active în funcție de nivelul aval din canalul de alimentare al centralei din aval de centrala considerată.

Întrucît se poate neglija timpul mort τ, schema de reglare cu reacţia unitară este cea din figura 7.

Regulatorul $Y_R(s)$ se concepe ca un regulator P.I.D., din următoarele considerente:

— eroarea staţionară este nulă;

— se poate compensa termenul $(1 + Ts)^2$ de la numitorul funcţiei de transfer al părţii fixe.

Întrucît este elaborată o metodologie [1] de acordare suboptimală a regulatoarelor pentru obiecte reprezentînd elemente de întîrziere de gradul II cu timp mort, care totodată satisface condiţiile de realizabilitate a regulatorului P.I.D. $\left(\frac{Ti}{Td} \geqslant 8\right)$ problema imediată este echivalarea constantei de timp T_t cu un timp mort.

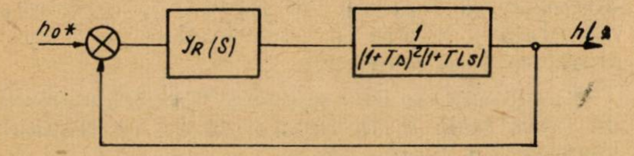


Fig. 7.

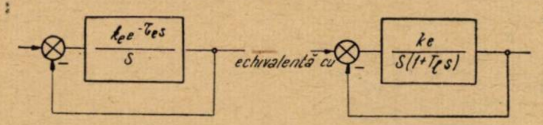


Fig. 8.

Echivalarea se face în circuit închis, fiind vorba de sisteme de ordinul 1, cu un pol în origine, ca în figura 8.

Circuitul de echivalenţă fiind răspunsul minimal de timp cu absenţa suprareglajului, prin echivalarea constantei de timp T_e cu un timp mort.

Pentru primul sistem

$$k_e \tau_e = 0{,}262.$$

Pentru cel de-al doilea sistem este cunoscut că:

$$k_e = \frac{1}{4T_t}$$

Aşadar:

$$\frac{0{,}262}{\tau_e} = \frac{1}{4T_t},$$

de unde:

$$\tau_e = 1{,}04\, T_t \simeq T_t.$$

Acordul, şi numai acesta, se face conform funcţiei de transfer impuse echivalente:

$$Y_{f0}(s) = \frac{e^{-T_t s}}{(1 + Ts)^2}$$

Funcţia de transfer a regulatorului este:

$$Y_R(s) = \frac{k}{s}(1 + 2\alpha Ts + \beta T^2 s^2),$$

în care k, α, β se determină conform diagramei din figura 9.

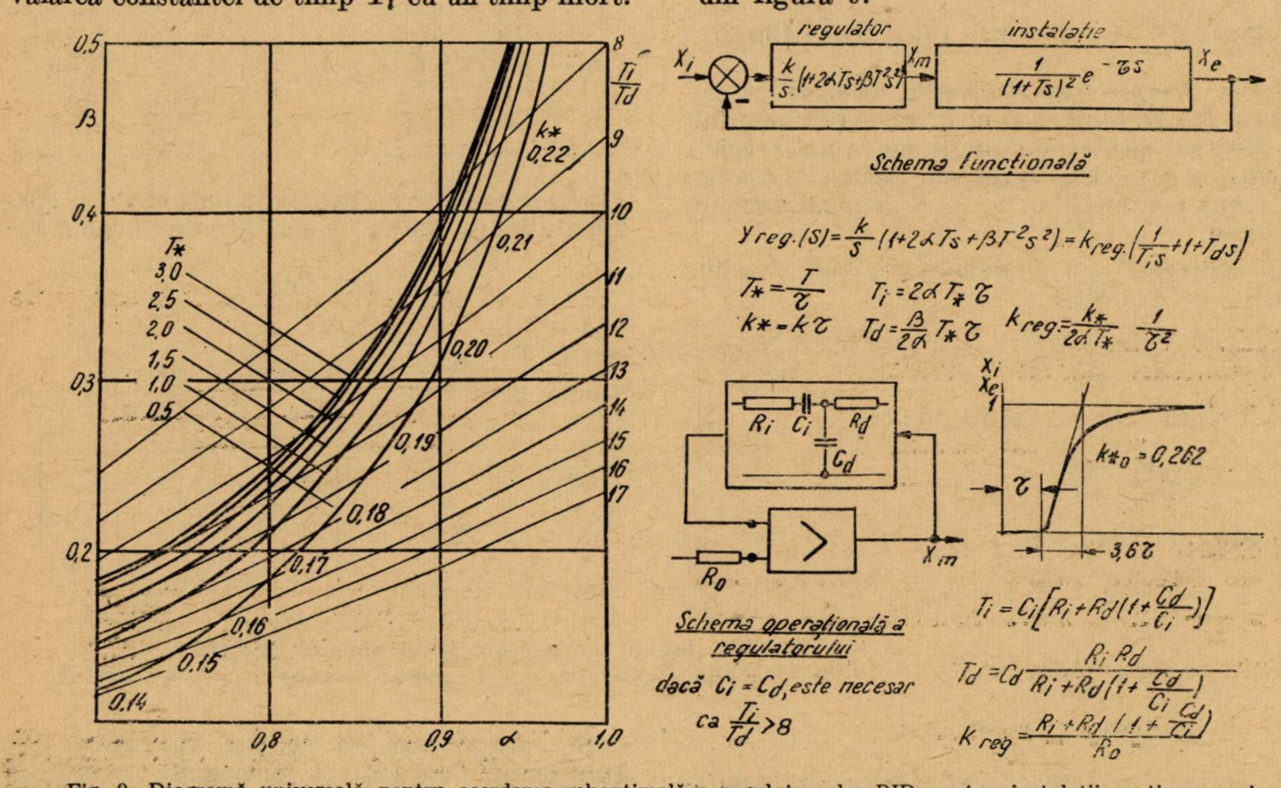


Fig. 9. Diagramă universală pentru acordarea suboptimală a regulatoarelor PID pentru instalaţii cu timp mort.

Elementele inițiale sînt :

$$T_* = \frac{T}{\tau}; \quad \frac{T_i}{Td} = 10.$$

Calculînd T_*, rezultă :

$$T_* = \frac{30}{30} = 1.$$

Rezultă în consecință :

$$k_* = 0{,}18; \quad \alpha = 0{,}88; \quad \beta = 0{,}31,$$

unde :

$$k_* = k\tau_e = kT_e.$$

Din motive de modelare se consideră scara de timp

$$\frac{t_{model}}{t_{real}} = \frac{1}{3}$$

și în consecință valorile cu dimensiune temporară vor fi date la această scară.

Așadar :

$$k = \frac{0{,}18}{10} = 0{,}018$$

și deci :

$$k = 0{,}018; \quad \alpha = 0{,}88; \quad \beta = 0{,}31,$$

de unde funcția de transfer a regulatorului este :

$$Y_R(s) = \frac{0{,}018}{s}(1 + 2 \cdot 0{,}88 \cdot 10s + 0{,}31 \cdot 100s^2).$$

4.1.1. *Comportarea sistemului automat cu regulator P.I.D. ideal.* Avînd în vedere că acordul s-a efectuat pentru o funcție de transfer echivalentă, s-a modelat procesul pentru a studia influența parametrilor k, α, β ai regulatorului de nivel.

În consecință s-a modelat un circuit deschis funcție de transfer.

$$Y(s) = \frac{k}{s} \cdot \frac{1 + 2\alpha Ts + \beta T^2 s^2}{1 + 2Ts + T^2 s^2} \cdot \frac{1}{1 + T_i s}.$$

a) Programarea elementului :

$$\frac{1 + 2\alpha Ts + \beta T^2 s^2}{1 + 2Ts + T^2 s^2} = \frac{x_2}{x_1}.$$

Acesta se poate scrie :

$$x_2 = \frac{2}{Ts}\left[\frac{1}{s}\left(\frac{x_1}{2T} - \frac{x_2}{2T}\right) + (\alpha x_1 - x_2)\right] + \beta x_1.$$

b) Programarea elementului :

$$\frac{1}{1 + T_i s} = \frac{x_2}{x_1} \text{ se scrie : } x_2 = \frac{1}{s}\left(\frac{1}{T_i}x_1 - \frac{1}{T_i}x_2\right).$$

c) Elementul $\frac{k}{s}$ se modelează direct.

Rezultă programul din figura 10.

Concluzii rezultate din varierea parametrilor

1) k — variabil, α — 0,88, $\beta = 0{,}31$.

Rezultă familia de curbe din figura 11. Curbele sînt numerotate de la 1—12, pentru k crescător, conform tabelului din figura 11.

Se menționează că întrucît, așa cum se va vedea mai departe, k este parametrul principal în acordare, s-a considerat necesar a se face înregistrarea mărimii de ieșire h_{i*}, care este măsurată și afișată în centrală și după a cărei alură se face acordarea.

S-a înregistrat de asemenea variația mărimii de ieșire reală h_* în funcție de k. Au rezultat curbele din figura 12.

Curbele sînt numerotate conform tabelului 2.

Tabela 1

Nr.	k[v]	k
1	0,9	0,018
2	1	0,02
3	1,2	0,024
4	1,4	0,028
5	1,6	0,0302
6	1,8	0,036
7	2	0,04
8	2,2	0,044
9	2,4	0,048
10	2,6	0,0502
11	2,8	0,056
12	3	0,06

Tabela 2

Nr.	k[v]	k
1	0,9	0,018
2	1,2	0,024
3	1,5	0,03
4	1,6	0,0302

S-a constatat că curba cu alura cea mai convenabilă este curba cu nr. 3, corespunzînd la :

$$k = 0{,}03.$$

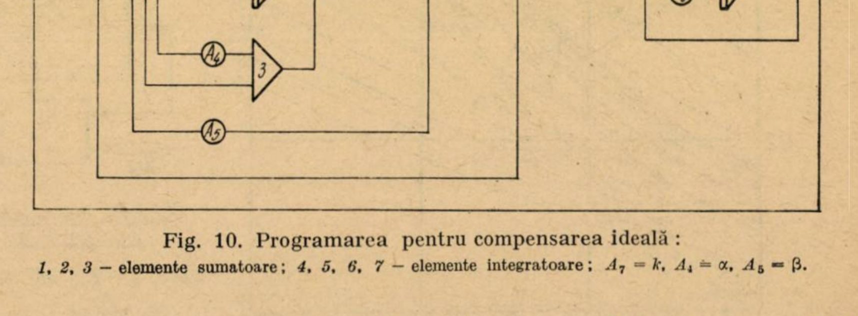


Fig. 10. Programarea pentru compensarea ideală :
1, 2, 3 – elemente sumatoare; *4, 5, 6, 7* – elemente integratoare; $A_7 = k$, $A_4 = \alpha$, $A_5 = \beta$.

Se menționează că această valoare a fost considerată optimă și menținută constantă pentru celelalte înregistrări.

2) $k = 0{,}03$, α — variabil, $\beta = 0{,}31$.

Se obține tabelul 3.

Îi corespunde familia de curbe din figura 13.

Se constată că răspunsul este sensibil la parametrul α, în sensul că pentru valori ale lui α mai mici decît cea determinată din diagrama din figura 9, crește suprareglajul cît și durata procesului.

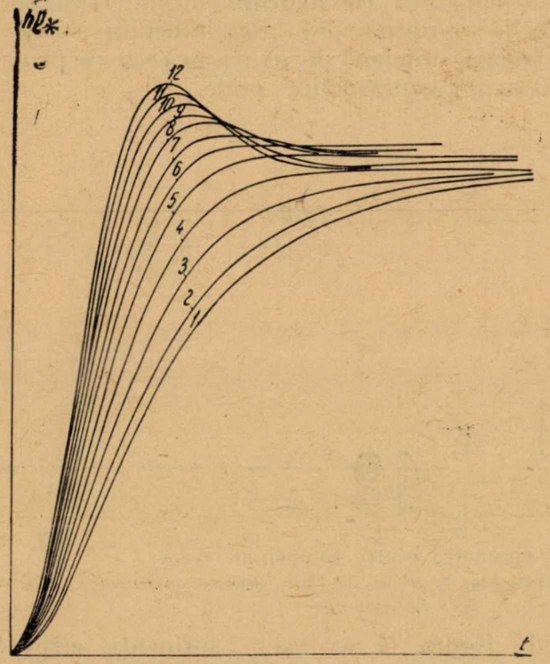


Fig. 11. Variația mărimii de ieșire funcție de k variabil :

$\alpha = 0{,}88$; $\beta = 0{,}31$. Scara de timp 5 min ; etalonarea 16 V ; intrarea 10 V.

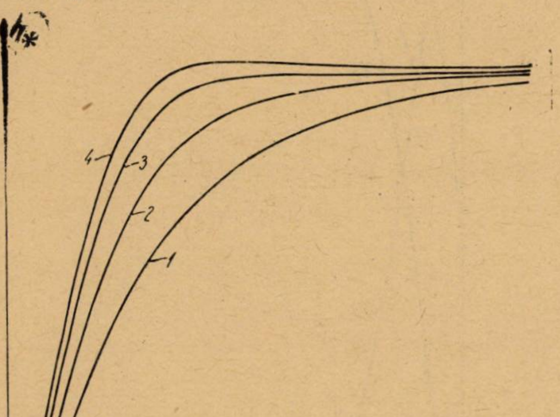


Fig. 12. Variația mărimii de ieșire h_* funcție de k variabil

$\alpha = 0{,}88$; $\beta = 0{,}31$. Scara de timp 5 min ; etalonarea 8 V ; intrarea 10 V.

Pentru valori ale lui α mai mari decît cea optimă, se constată o micșorare a timpului de creștere, însă o mărire a suprareglajului.

În concluzie, se adoptă ca valoare optimă pentru $\alpha = 0{,}88$.

Tabela 3

Nr.	α
1	0,88
2	0,7
3	0,6
4	0,5
5	0,4
6	0,9
7	1

Tabela 4

Nr.	β
1	0,31
2	0,15
3	0,5

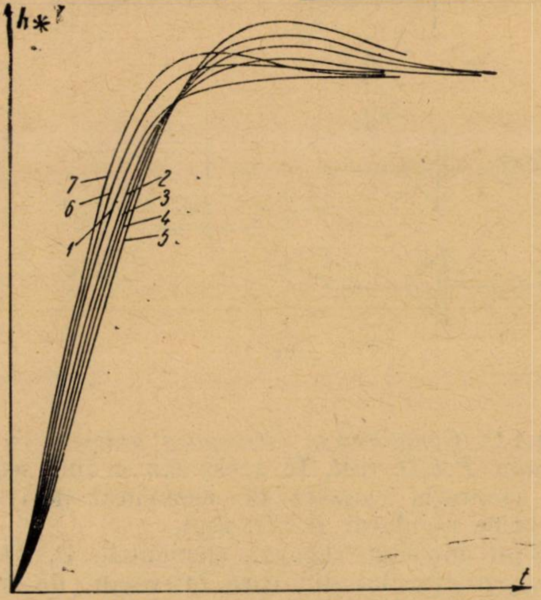


Fig. 13. Variația mărimii de ieșire în funcție de coeficientul α :

$k = 0{,}003$; $\beta = 0{,}31$. Scara de timp 5 min ; etalonarea 16 V ; intrarea 10 V.

3) $k = 0{,}03$, $\alpha = 0{,}88$, β — variabil

Se obțin datele din tabela 4 și curbele din figura 14.

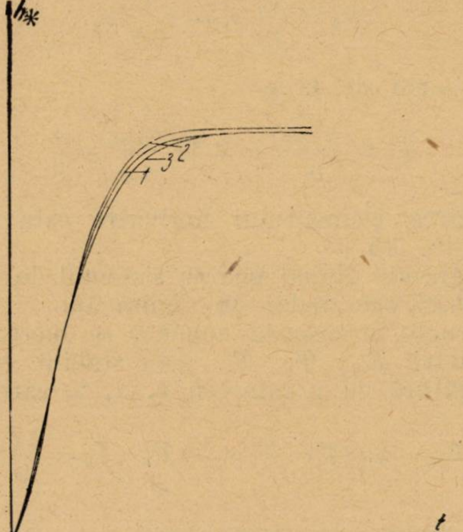


Fig. 14. Variația mărimii de ieșire în funcție de β variabil :

$k = 0{,}03$; $\alpha = 0{,}88$.

Se constată că influenţa parametrului β asupra mărimii de ieşire este practic neînsemnată, astfel că familia de curbe din figura 14 reprezintă în fond, cu o suficientă aproximaţie, o singură curbă.

Deci, în cazul unui regulator P.I.D. ideal (cu element derivativ ideal), parametrii de acord optim sînt :

$$k = 0{,}03 \text{ secunde}^{-1}\,;$$
$$\alpha = 0{,}88\,;\ \beta = 0{,}31$$
$$\left(\frac{t_{model}}{t_{real}} = \frac{1}{3}\right)$$

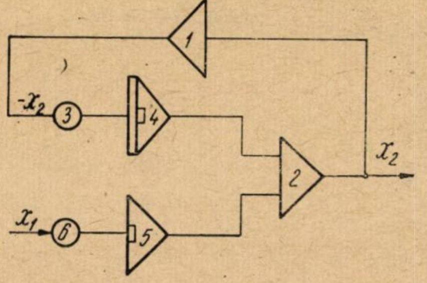


Fig. 15.

4.1.2. *Comportarea sistemului automat cu regulator P.I.D. real.*

În acest caz se ţine seamă de saturaţia cauzată de elementul derivativ în orice regulator P.I.D. real.

S-au modelat separat elementele P, D, I, ale regulatorului din care interesant de menţionat este elementul derivativ

$$\frac{x_2}{x_1} = \frac{T_d\, s}{1 + T_p\, s}$$

unde T_p este constantă de timp parazită.

Se obţine programul :

$$x_2 = \frac{T_d}{T_p}\, x_1 - \frac{1}{T_p\, s}\, x_2$$

În cazul de faţă

$$T_p = \frac{1 \text{ sec}}{3} = 0{,}33\ \frac{t_{model}}{t_{real}} = \frac{1}{3}$$

Modelarea elementului derivativ este redată în figura 15.

Programul global pentru sistemul de reglare automată este redat în figura 16.

Întrucît în această schemă se lucrează cu parametrii K_R; T_i; T_d, s-au stabilit relaţiile de legătură cu parametrii k, α, β, care sînt :

$$K_R = 2\alpha k T\,;\quad T_i = 2\alpha T\,;\quad T_d = \frac{\beta T}{2\alpha}\,;$$

deci :

$$K_R = 0{,}528\,;\quad T_i = 17{,}6 \text{ secunde}\,;$$
$$T_d = 1{,}76 \text{ secunde.}$$

4.1.3. *Concluzii rezultate din varierea parametrilor K_R, T_i, T_d.*

Pentru valorile parametrilor K_R, T_i, T_d, anterior stabilite, s-au trasat variaţiile : mărimii de ieşire, de comandă, a erorii (fig. 17).

Se constată că acordul optim realizat cu valorile parametrilor regulatorului ideal se păstrează suficient de exact în ceea ce priveşte calitatea răspunsurilor reale.

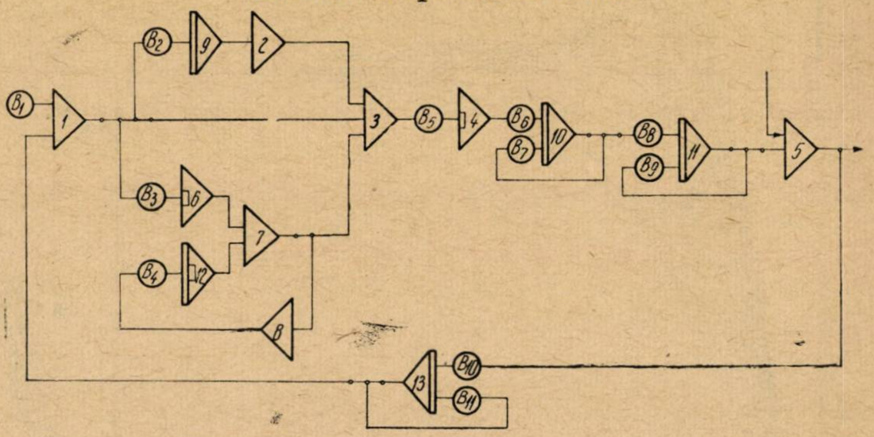


Fig. 16. Programarea pentru compensare reală :
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – elemente sumatoare; *9, 10, 11, 12, 13* – elemente integratoare; $B_2 = T_i^{-1}$ $B_3 = T_d$. $B_5 = k_R$.

Din figura 17 se observă influenţa saturaţiei elementului derivativ prin apariţia unui uşor suprareglaj, inexistent în cazul folosirii regulatorului ideal. Se impune o reacordare locală pentru dispariţia suprareglajului.

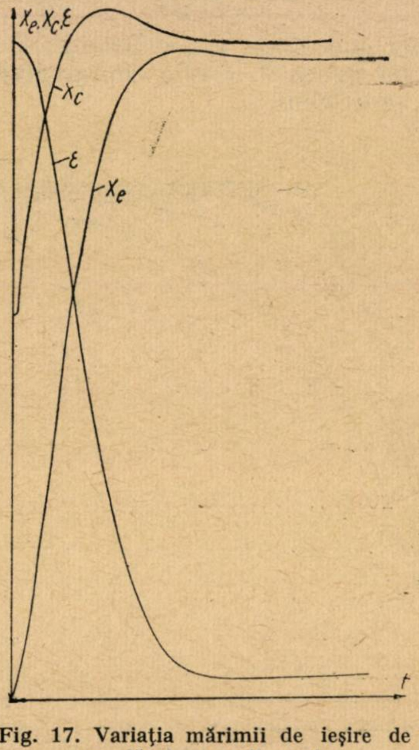


Fig. 17. Variaţia mărimii de ieşire de comandă şi a erorii pentru :
$k_R = 0{,}528$; $T_i = 17{,}6$ s; $T_d = 1{,}76$ s. Scara de timp 5 min; etalonarea 16 V; intrarea 5 V.

În această acordare s-a plecat de la premisele teoretice ale influenței timpului integral, derivativ și a coeficientului de amplificare.

Se consideră funcția de transfer tip în stare deschisă pentru un sistem automat cu instalație automatizată cu inerție și frecare vîscoasă :

$$Y(s) = \frac{K_R\left(\frac{1}{T_i s} + 1 + T_d s\right)}{s(1 + Ts)},$$

numitorul funcției de transfer în stare închisă fiind

$$n(s) = s^3 + \frac{1 + k_R T_d}{T} s^2 + \frac{k_R}{T} s + \frac{k_R}{T_i T} =$$

$$= (s + a_L)(s^2 + 2a_Q s + \omega_e^2),$$

unde :

a_L este amortizarea termenului aperiodic ;

a_Q — amortizarea termenului oscilant ;

ω_e — pulsația naturală a termenului oscilant ;

deci :

$$\frac{1 + k_R T_d}{T} = a_L + 2a_Q$$

$$\frac{K_R}{T} = 2\, a_L a_Q + \omega_e^2$$

$$\frac{K_R}{T_i T} = a_L \omega_e^2 .$$

Considerînd ca un criteriu de calitate $a_Q \gg a_L$ rezultă :

$$a_Q = \frac{1 + K_R T_d}{2T}$$

$$a_L = \frac{1}{T_i}$$

$$\text{și } \frac{1}{T_i} \ll \frac{1 + K_R T_d}{2T},$$

relație care se poate arăta că nu contravine nici stabilității sistemului. Într-adevăr, conform criteriului lui Hurwitz :

$$\frac{1 + k_R T_d}{T} - \frac{1}{T_i} > 0.$$

Ținînd seamă de concluziile de mai sus, în acordarea locală care se efectuează, s-a crescut timpul integral în sensul micșorării supraregiajului.

Se obțin curbele din figura 18, cărora le corespunde tabelul de valori 5.

Tabela 5

Nr.	T_i	T_d	k_R
1	17,6	1,76	0,528
2	21,12	1,76	0,528
3	14,12	1,76	0,528
4	17,6	2,11	0,528
5	17,6	1,41	0,528
6	18,36	1,41	0,528

Din familia de curbe din figura 18, răspunsul optim este dat de curba *6*, reprodusă separat împreună cu mărimea de comandă și eroarea în figura 19.

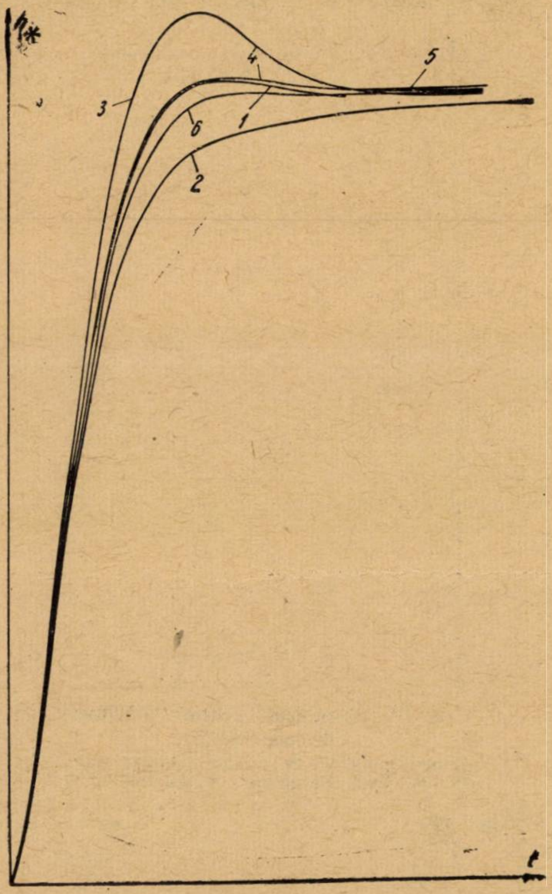


Fig. 18. Variația mărimii de ieșire funcție de parametrii regulatorului. Scara de timp 5 min ; etalonarea 8 V ; intrarea 5 V.

Pentru a avea o imagine a efectului variațiilor mari ale parametrilor K_R, T_i, T_d, arbitrar date, s-au înregistrat curbele din figura 20, conform cu tabela 6.

Tabela 6

Nr.	T_i	T_d	k_R
1	0,11	0,6	87,5
2	0,14	0,6	87,5
3	0,14	0,3	87,5
4	0,14	1	87,5
5	0,08	1	87,5
6	0,07	1	87,5
7	0,07	1	141
8	0,07	1	71,5
9	0,06	1	67
10	0,06	1	62,5
11	0,06	1	50
12	0,06	1	83

Valorile pentru scara de timp reală sînt:

$$K_R = 0{,}528\,; \quad T_i = 55{,}08 \text{ s}\,; \quad T_d = 4{,}23 \text{ s}$$

sau practic:

$$K_R = 0{,}53\,; \quad T_i = 55 \text{ s}\,; \quad T_d = 4{,}3 \text{ s}.$$

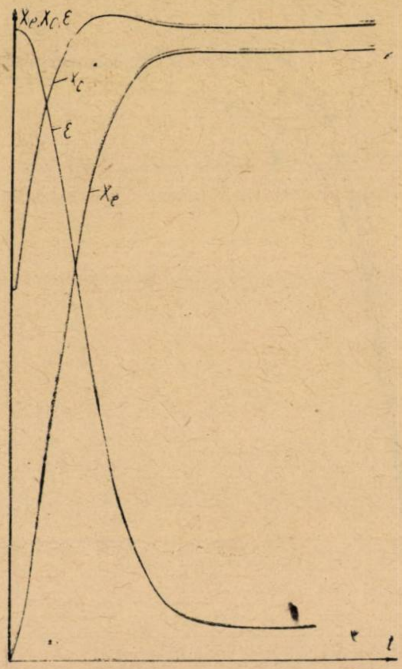


Fig. 19. Răspunsul optim; mărimea de comandă;

eroarea $k_R = 0{,}528$; $T_i = 18{,}36$; $T_d = 1{,}41$. Scara de timp 5 min; etalonarea 8 V; intrarea 10 V.

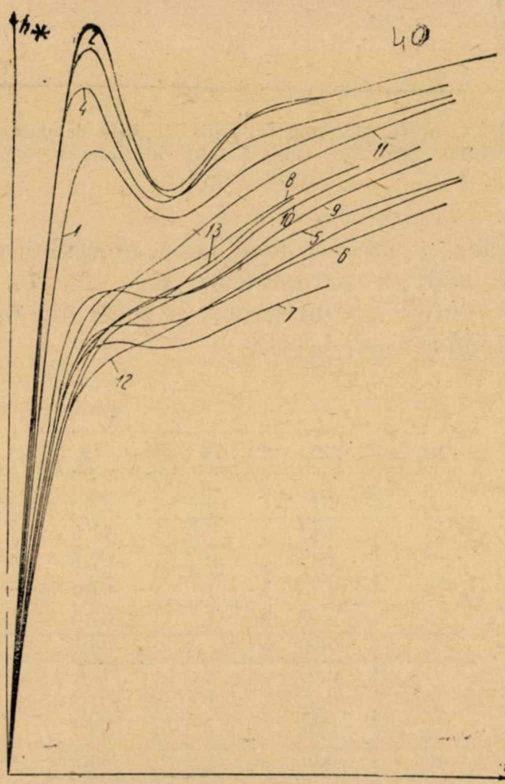


Fig. 20. Efectul parametrilor k_R, T_i, T_d, arbitrar aleşi, asupra mărimii de ieşire.

Scara de timp 5 min; etalonarea 16 V; intrarea 10 V.

4.1.4. *Consideraţii asupra automatizării menţinerii constante a nivelului la centrala Roznov I.* În centrala Roznov I, traductorul de nivel are constanta de timp $T_t = 20$ secunde. Se foloseşte scara de timp $\frac{1}{3}$ în modelarea procesului pe programul din figura 16.

În mod analog calculului din paragraful 4.1.1. şi folosind diagrama din figura 9, au rezultat:

$$k_* = 0{,}17\,; \quad \alpha = 0{,}86\,; \quad \beta = 0{,}3\,,$$

de unde:

$$k = 0{,}0255 \left(\text{scara de timp } \frac{1}{3}\right).$$

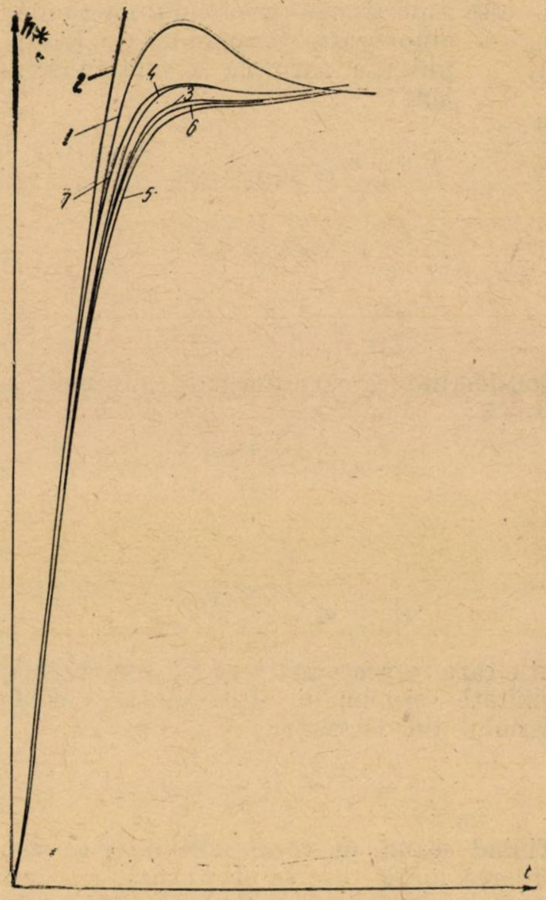


Fig. 21. Acordul local pentru centrala Roznov I. Scara de timp 5 s; etalonarea 16 V; intrarea 10 V.

Ştiind că raportul $\frac{k_{optim}}{k} = 1{,}6$ (tabela 2) rezultă k_{optim} pentru situaţia existentă

$$k = 0{,}041.$$

Valorile k_R, T_i, T_d $\left(\text{scara } \frac{1}{3}\right)$ sînt:

$$k_R = 0{,}7\,; \quad T_i = 17{,}2 \text{ s}; \quad T_d = 1{,}74 \text{ s}.$$

Se efectuează acelaşi acord local, rezultînd familia de curbe din figura 21 şi tabela 7.

Valorile optime ale parametrilor regulatorului sînt cele corespunzătoare curbei *8*.

$$k_R = 0{,}66 \quad T_i = 20 \text{ s} \quad T_d = 1{,}74 \text{ s}$$

sau la scară reală de timp

$$k_R = 0{,}66 \quad T_i = 60 \text{ s} \quad T_d = 5{,}22 \text{ s}$$

Tabela 7

Nr.	T_i	T_d	k_R
1	0,7	1,74	17,2
2	0,7	1,74	20,64
3	0,7	1,74	13,76
4	0,7	1,74	14,11
5	0,64	1,72	14,11
6	0,66	1,72	14,11
7	0,66	1,72	20,6
8	0,66	1,75	20,3

4.1.5. *Influența zgomotului cauzat de valurile provocate de vînt.* Dată fiind existența perturbațiilor de nivel cauzate de valurile produse de vînt și existența elementului derivativ care amplifică cele mai mici perturbații, dînd la ieșire mărimi de comandă de timp impuls, se impune cercetarea influenței acestora asupra organului de execuție a turbinei.

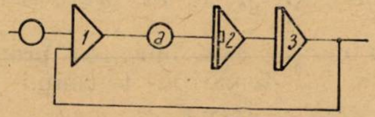


Fig. 22.

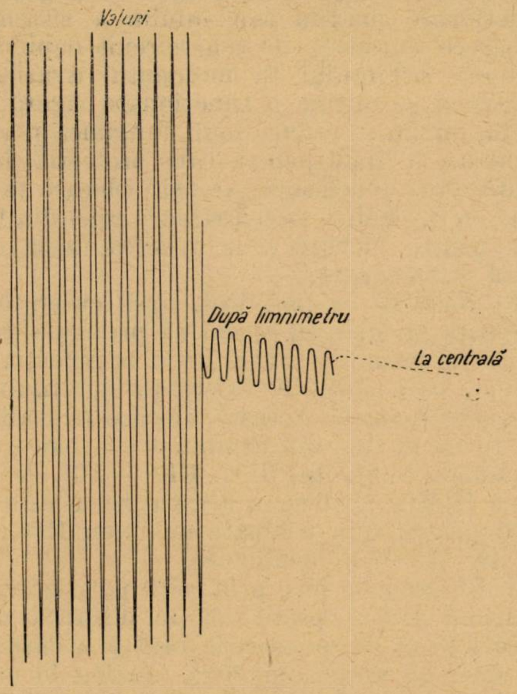


Fig. 23. Influența perturbațiilor de nivel cauzate de valuri.

Zgomotul a fost simulat cu un generator sinusoidal modelat ca în figura 22, în care coeficientul $a = \omega^2$, ω fiind pulsația valurilor în canal și egală cu 1,2 ($f = 0{,}12 \div 0{,}2$ Hz).

În figura 23 s-au înregistrat:

— valuri în canal,

— efectul acestora asupra traductorului de nivel,

— mărimea de ieșire h_*.

Se constată că practic influența acestora este neglijabilă.

Concluzii

Din analiza efectuată rezultă avantajele evidente ale automatizării menținerii nivelului cu ajutorul unei bucle locale de reglare automată, mai ales că la funcționarea tuturor grupurilor centralei, timpul mort introdus de fenomenul de propagare este practic neglijabil.

Automatizarea realizată a impus ca indispensabilă folosirea calculului analogic în corelare cu elementele teoriei reglării automate, în ceea ce privește estimarea calitativă a performanțelor sistemului de reglare automată.

Comportarea centralei în cadrul funcționării globale a întregului canal s-a dovedit a fi practic identică cu cea simulată pe calculator, astfel că sînt create complet premisele introducerii conducerii optimale a cascadei în ceea ce privește automatizarea regimurilor de putere activă și reactivă.

Bibliografie

[1] * * * *Automatizarea încărcării cu putere activă a unui hidrocentru.* Lucrări IRME, nr. 2, 1963.

[2] * * * *Acordarea suboptimală a regulatoarelor pentru obiecte cu timp mort.* Lucrări IRME, nr. 4, 1965.

Considerații privind blocarea protecției de distanță, la dispariția tensiunilor alternative, pe linii în rețele cu neutrul legat direct la pămînt

Ing. Al. Pantea*)

Protecția de distanță are ca principiu de bază măsurarea distanței de la punctul de instalare pînă la locul defectului. Această măsurare se face cu ajutorul raportului $\frac{U}{I}$, deci cu cît U este mai mic și I mai mare, cu atît impedanța este mai mică și defectul mai aproape. Or, la arderea unei siguranțe de tensiune alternativă, două sau toate trei, la tipurile de protecție cu pornire prin impedanță minimă, la un curent de circulație egal cu cel de pornire (demaraj), protecția pornește și comandă declanșarea liniei. Pentru a evita declanșarea nedorită, în schemele ansamblului protecției de distanță se prevede blocarea acesteia la arderea siguranțelor. Blocarea protecției de distanță trebuie să aibă loc la arderea uneia, a două sau a toate trei siguranțele de pe faze, respectiv la dispariția tensiunii de pe acestea.

În cele ce urmează se fac considerații privind unele scheme și principii folosite pentru blocarea protecției de distanță la arderea siguranțelor, insistîndu-se asupra schemei din figura 2, atît ca funcționare, cît și pentru stabilirea reglajelor releelor.

I. Prezentarea principiilor de blocare

Schemele utilizate la noi în țară sînt indicate în figura 1, *a* și *b*.

De exemplu, în cazul figurii 1,*a*, releul RV_0, alimentat – ca în figura 3,*a* – de la transformatorul de tensiune de pe bare, își închide contactul cînd nu are tensiune pe una sau două din faze. În cazul lipsei totale a tensiunii, de exemplu prin arderea siguranțelor pe toate fazele, releul este în aceeași situație ca și la prezența tensiunii pe toate fazele, cînd suma fluxurilor în releu este nulă, iar protecția de distanță nu este blocată. RCh este un releu de curent homopolar, care are contactul normal închis și îl deschide la depășirea curentului reglat. Curentul se reglează la o valoare sub curentul homopolar I_0 al protecției de distanță.

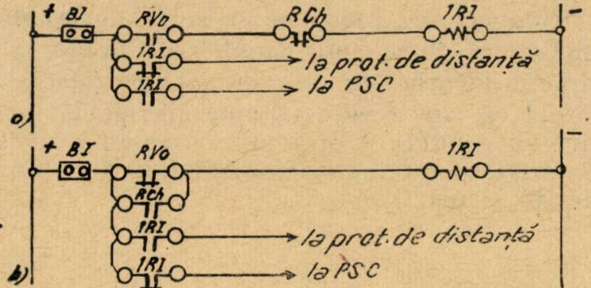


Fig. 1. Scheme pentru blocarea protecției de distanță la arderea uneia sau a două siguranțe de tensiune alternativă.

În ceea ce privește blocarea protecției de distanță și la dispariția tensiunii pe toate fazele, aceasta se face :

a) Comparînd tensiunile de pe faze, aduse printr-o punte redresoare, cu curentul de pe linie. Domeniul de aplicare a acestei blocări este limitat de reactanța sistemului, deci de distanța de la locul instalării protecției pînă la centralele generatoare ale sistemului [1]. El este de asemenea condiționat de regimul de funcționare maxim sau minim a sistemului, deoarece curentul de scurtcircuit depinde de puterea sistemului în momentul avariei, iar pentru a se obține o funcționare sigură și în regim minim se reduce mult lungimea porțiunii protejate a liniei pentru care protecția de distanță nu se blochează. Această blocare se combină cu o schemă asemănătoare celei din figura 1,*a*, pentru blocare și la arderea uneia sau a două din siguranțe.

b) Blocarea se face prin lipsa curenților de secvență inversă, în sensul că protecția de distanță nu primește plusul decît la apariția unui defect, care implică existența curentului de secvență inversă. Această blocare se realizează cu filtru de curent combinat cu blocarea la pendulare a releului RD7, FRC –2 B, de fabricație IRME. Utilizarea acestui releu este indicată pentru linii echipate cu releu RD7, care nu are blocaj la pendulare.

c) Blocarea se face prin relee polarizate, care transmit pulsul protecției de distanță numai dacă a avut loc o variație bruscă a curentului pe linie de minimum 20% (analog blocajului la pendulare). În funcționarea normală, protecția de distanță este blocată [2].

d) Pentru blocarea protecției de distanță, în cazul dispariției tensiunii pe toate fazele, se compară tensiunea de pe bare cu tensiunea de pe linia respectivă, folosind în acest scop tensiunile date de transformatoarele de tensiune de bare și tensiunea dată de transformatorul de tensiune de pe linie [3] pentru releul RVL din figura 2.

Dispariția sau scăderea tensiunilor pe cele trei faze se poate datora :

1) unui defect în circuitele secundare ;

2) unei manevre greșite care afectează transformatoarele de tensiune de pe bare sau blocurile de încercare ;

---

*) Ing. Al. Pantea este adjunct șef secție PRAM la IRE Ploiești.

3) unui scurtcircuit trifazat în partea primară.

În cazurile 1 şi 2, tensiunea dată de transformatorul de tensiune de pe linie nu este afectată de defect sau manevră greşită şi poate fi

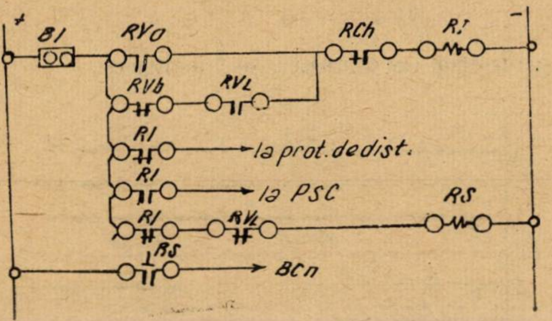


Fig. 2. Schema pentru blocarea protecţiei de distanţă la arderea uneia, a două sau a celor trei siguranţe de tensiune alternativă.

folosită pentru blocarea schemei. În cazul 3 variază şi tensiunea pe linie, aşa că nu se mai blochează protecţia de distanţă.

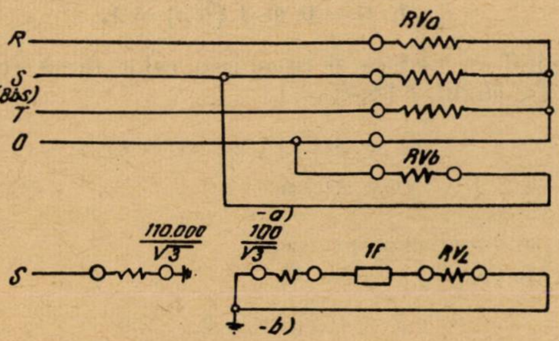


Fig. 3. Schemele de alimentare a releelor de tensiune pentru blocaj :

a – releele alimentate din transformatoarele de tensiune de pe bare; *b* – releul alimentat din transformatorul de tensiune de pe linie.

II. Analiza funcţionării schemei din figura 2

Pentru a analiza schema apelăm la elementele de algebră booleană expuse în [4]. Se notează contactele releelor $RV_0 = a$, $RV_b = b$, $RV_L = l$, $RC_h = i$, $RI = x$, iar bobina releului $RI = X$; protecţia de distanţă prin D (fig. 4).

Ecuaţiile de funcţionare a schemei sînt :

$$\begin{cases} X = (aU\bar{b}l)\bar{i} \\ D = \bar{x} \end{cases}, \qquad (1)$$

iar elementele ecuaţiilor au următoarele valori :

$$a = l \begin{cases} = 1 \text{ cînd } RV_0 \text{ şi } RV_L \text{ sînt excitate} \\ = 0 \text{ cînd } RV_0 \text{ şi } RV_L \text{ sînt dezexcitate} \end{cases}$$

$$\bar{b} = \bar{i} = \bar{x} \begin{cases} = 1 \text{ cînd } RV_b,\ RC_h,\ RI \text{ sînt dezexcitate} \\ = 0 \text{ cînd } RV_b,\ RC_h,\ RI \text{ sînt excitate} \end{cases}$$

$$X \begin{cases} = 1 \text{ cînd } RI \text{ excitat} \\ = 0 \text{ cînd } RI \text{ dezexcitat} \end{cases}$$

$$D \begin{cases} = 1 \text{ protecţia de distanţă neblocată} \\ = 0 \text{ protecţia de distanţă blocată.} \end{cases}$$

După aceste precizări, se analizează funcţionarea schemei :

1. la arderea siguranţelor sau dispariţia tensiunii ;
2. în caz de avarie pe linie.

1. *Funcţionarea la arderea siguraţelor de tensiune*

a) Se arde o siguranţă sau două pe bare, ecuaţia devine :

$X = (aU\bar{b}l)\,\bar{i}$

$X = (1U0.1)\,1$ (2) (siguranţe arse : R, T sau R şi T)

$X = (1U1.1)\,1$ (3) (siguranţe arse : S, R şi S sau T şi S)

Pentru determinarea lui X se aplică calculul în algebra booleană [4] prin :

- legile de idempotenţă $0U0 = 0$; $1U1 = 1$; $0.0 = 0$; $1.1 = 1$
- legile de comutativitate $1U0 = 0U1$; $1.0 = 0.1$
- legile lui 1 şi 0 $1U0 = 0U1 = 1$; $1.0 = 0.1 = 0$ aşa că relaţia (2) devine

$$X = (1U0)1 = 1.1 = 1,$$

iar

$$X = (1U1)1 = 1.1 = 1 \qquad (3)$$

$$D = \bar{x} = 0$$

b) Se arde o siguranţă sau două pe bare şi siguranţa pe linie :

$$X = (1U0.0)1 = (1U0)1 = 1.1 = 1$$

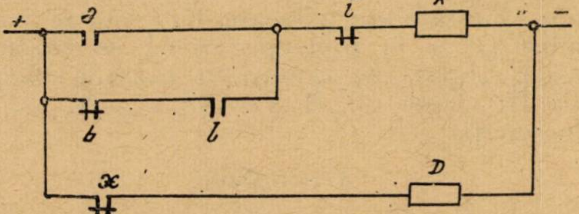


Fig. 4. Schema contactelor şi releelor pentru blocaj.

sau

$$X = (1U1.0) = (1U0)1 = 1.1 = 1.$$

$$D = \bar{x} = 0.$$

c) Se ard toate trei siguranţele pe bare :

$$X = (0U1.1)1 = (0U1)1 = 1.1 = 1$$

$$D = \bar{x} = 0$$

2. *Funcționarea blocajului la avarii pe linie*

a) Scurtcircuit monofazat :

$X = (1U0.1)0 = (1U0)0 = 1.0 = 0$ (scurtcircuit $R - 0$, $T - 0$)

$X = (1U1.0)0 = 1.0 = 0$ (scurtcircuit S-0)

$D = \bar{x} = 1$

b) Scurtcircuit bifazic :

β_1) — fără punere la pămînt

$X = (0U1.0)1 = (0U0)1 = 0.1 = 0$ (scurtcircuit $R - S$ sau $S - T$)

$X = (0U0.1)1 = 0.1 = 0$ (scurtcircuit $R - T$)

$D = \bar{x} = 1$

β_2) — cu punere la pămînt

$X = (1U1.0)0 = (1U0)0 = 1.0 = 0$ (scurtcircuit $R - S$ sau $S - T$)

$X = (1U0.1)0 = 1.0 = 0$ (scurtcircuit $R - T$)

$D = \bar{x} = 1$

c) Scurtcircuit trifazat :

$X = (0U1.0)1 = (0U0)1 = 0.1 = 0$

$D = \bar{x} = 1$

În concluzie :

— protecția de distanță este blocată, $D = 0$, în toate cazurile de ardere a siguranțelor în circuitele secundare ale transformatoarelor de tensiune de pe bare.

— protecția de distanță nu este blocată, $D = 1$, la avarii pe linie.

III. Reglarea releelor RV_0, RV_b, RV_L

Pentru releul RV_0, $U_{reglat} = 20$ V, iar $U_{rev} = 18$ V [3].

La releele RV_b și RV_L, tensiunile de lucru se aleg astfel încît chiar la scurtcircuite depărtate, bifazate sau trifazate, fără punere la pămînt ($I_0 = 0$) protecția să nu se blocheze. Acest reglaj este necesar în cazurile 2bβ_1 și 2*c*. În aceste cazuri $a = 0$; $\bar{i} = 1$, așa că în ecuația

$$X = (aU\bar{b}l)\bar{i}$$

variază numai funcția $f(\bar{b}, l)$, care este de tipul

$$Y = \bar{b}l$$

și reprezintă operația logică INTERZIS [5], a cărei evoluție se va urmări.

Să presupun releele reglate astfel [3] :

a) $U_b > U_a > U_L$,

unde

U_b este tensiunea de lucru a releului RV_b;
U_L — tensiunea de lucru a releului RV_L;
U_a — tensiunea de bare la avarie.

Atunci

$$f(\bar{b}, l) = f(1,1) = 1,$$

iar

$$X = (0U1)1 = 1.1 = 1$$

$$D = \bar{x} = 0$$

și protecția de distanță se blochează.

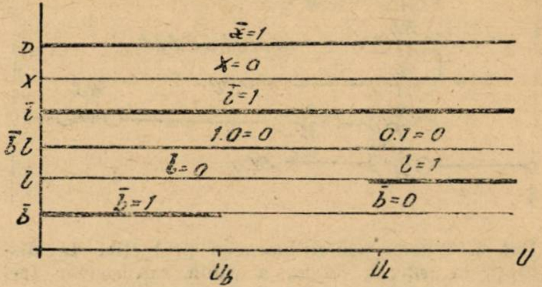


Fig. 5. Situația contactelor și releelor în funcție de tensiune, în cazul $U_b < U_L$.

b) La reglajul $U_b = U_a = U_L$ pot apărea două cazuri :

$$f(\bar{b}, l) = 0 \text{ și } f(\bar{b}, l) = 1,$$

avînd în vedere și revenirea celor două relee. În cazul $f(\bar{b}, l) = 1$,

$$X = (0U1)1 = 1.1 = 1$$

$$D = \bar{x} = 0$$

și se blochează protecția.

În cazul $f(\bar{b}, l) = 0$,

$$X = (0U0)1 = 0.1 = 0$$

$$D = \bar{x} = 1$$

nu se blochează protecția, așa că în cazul $U_b = U_L$ există o incertitudine.

c) Dacă reglajul este $U_b < U_L$, indiferent de valoarea lui U_a, $f(\bar{b}, l) = 0$, deoarece cel puțin unul din contacte va fi deschis în caz de avarie.

În concluzie, pentru a nu se bloca protecția de distanță în caz de avarie, trebuie ca $f(\bar{b}, l) = 0$, condiție îndeplinită în cazul *c*.

Din prezentarea grafică a funcționării schemei în cazul $U_b < U_L$ după ecuațiile 1, rezultă că între U_b și U_L trebuie să existe un interval $U_b - U_L$, care se stabilește ținînd seamă că RV_b este un releu minimal de tensiune, iar RV_L releu maximal de tensiune (fig. 5).

Dacă U_b, U_L, $U_{rev\,b}$, $U_{rev\,L}$ sînt tensiunile de lucru, respectiv de revenire a releelor, iar coeficientul de revenire $k_r < 1$, se pot scrie relațiile :

$$U_b = U_{rev\,b}\, k_r\,; \quad U_L = \frac{U_{rev\,L}}{k_r}\,. \tag{4}$$

Situaţia contactelor releelor este prezentată în figura 6,*a*, în cazul scăderii tensiunii, iar în figura 6,*b*, la revenirea tensiunii, intervalul $U_b - U_L$ reducîndu-se la $U_{rev\,L} - U_b$, respectiv $U_L - U_{rev\,b}$.

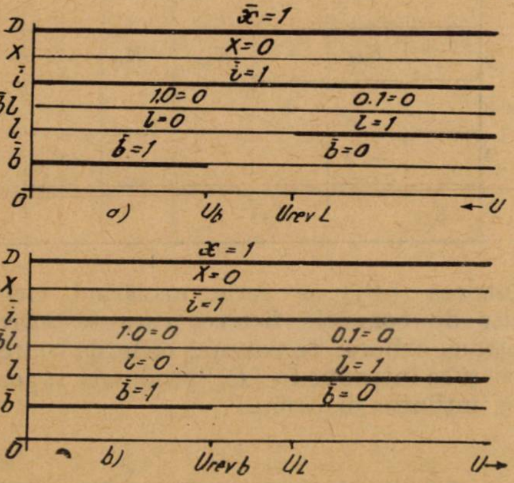


Fig. 6. Situaţia contactelor şi releelor:
a – la scăderea tensiunii; *b* – la creşterea tensiunii.

Se notează:

$$\frac{U_{rev\,L}}{U_b} = k_{s1}; \quad \frac{U_L}{U_{rev\,b}} = k_{s2},$$

unde k_{s1} şi k_{s2} sînt coeficienţi de siguranţă ($k_{s1}, k_{s2} > 1$),
iar

$$\frac{U_{rev\,L}}{U_b} \cdot \frac{U_L}{U_{rev\,b}} = k_{s1} \cdot k_{s2}, \tag{5}$$

ţinînd seamă de (4) şi cum $k_{s1} \cdot k_{s2} = k_s^2$, se obţine

$$\frac{U_L^2}{U_b^2} k_r^2 = k_s^2$$

sau

$$\frac{U_L}{U_b} k_r = k_s. \tag{6}$$

Normal, RV_L trebuie să fie excitat, aşa că notînd

$$U_L = yU_n, \tag{7}$$

unde: $y < 1$ (coeficient ce ţine seamă de nivelul de tensiune al staţiei), iar U_n tensiunea nominală, relaţia (6) devine

$$U_b = yU_n \frac{k_r}{k_s}. \tag{8}$$

Astfel, cu relaţiile (7) şi (8) se pot determina valorile de reglaj U_L, U_b.

Valorile aproximative ale coeficienţilor:

$$y = 0{,}7 \sim 0{,}85; \; k_r = 0{,}8 \sim 0{,}9; \; k_s = 1{,}25 \sim 1{,}4.$$

Exemplu de calcul pentru o linie de 110 kV. Se aplică relaţiile (7) şi (8).

$$U_b = 0{,}7.110 \,\frac{0{,}85}{1{,}3} = 50 \text{ kV}.$$

$U_L = 0{,}7 \cdot 110 = 77$ kV şi cum $n_t = 1900$ (se ia tensiunea pe fază);
în secundar

$$U_b = \frac{50\,000}{1\,900} = 26{,}5 \text{ V} \qquad U_{rev\,b} = 31 \text{ V}.$$

$$U_L = \frac{77\,000}{1\,900} = 40{,}5 \text{ V} \qquad U_{rev\,L} = 34 \text{ V}.$$

Concluzii

1. Schema din figura 2 realizează blocarea corectă a protecţiei de distanţă la dispariţia tensiunii pe una, două sau toate trei fazele fără a împiedica funcţionarea în caz de avarie.

2. Această schemă este aplicată din anul 1965 pe două LEA de 110 kV şi a funcţionat corect atît în situaţii de avarie pe linie, cît şi la arderea siguranţelor.

3. Aplicînd teoria algebrică a schemelor cu contacte şi relee [4], se pot stabili relaţiile de calcul pentru reglarea releelor cu formula de structură $Y = \bar{b}l$.

Bibliografie

[1] Ghilcer, A. O. *Blocarea protecţiei de distanţă împotriva dispariţiei simultane a tensiunilor pe toate trei fazele.* Elektriceskie stanţii nr. 3, 1959.
[2] Warrington, A. R. v. C. *Protective Relays*, vol. I. London, Chapman and Hall, 1962.
[3] Pantea, Al. *Procedeu şi schemă pentru blocarea protecţiei de distanţă la dispariţia tensiunii pe toate fazele.* Sesiunea de comunicări IRME, mai 1967.
[4] Moisil, Gr. *Teoria algebrică a schemelor cu contacte şi relee.* Editura tehnică, Bucureşti, 1965.
[5] Călin, S. şi Marcu, S. *Protecţia prin relee a sistemelor electrice.* Editura tehnică, Bucureşti, 1965.

(Articol intrat în redacţie la 28 februarie 1968)

* * *

Aspecte noi ale folosirii calculului matricial în studiul rețelelor electrice

Ing. Ene Marin*)

La calculul regimurilor în rețelele cu transformatoare pe bucle este necesar să se lucreze cu scheme echivalente în care mărimile de stare electrică ale nodurilor I_n și V_n (curenții injectați la noduri și tensiunile nodurilor) sînt cele reale, neraportate la una din înfășurările transformatoarelor. Studiul schemelor cu transformatoare și cu mărimi neraportate necesită extinderea noțiunii de matrice de incidență după care se pot aplica toate relațiile stabilite pentru rețeaua fără transformatoare.

1. Matricele de incidență ale rețelei cu transformatoare

Se consideră o rețea trifazată cu transformatoare și se construiește schema rețelei directe (fig. 1). Toate laturile transversale se iau în considerație prin curenți la noduri. În felul acesta schema echivalentă nu mai conține pămîntul fictiv și este constituită numai din laturi longitudinale pasive, cu curenți la noduri.

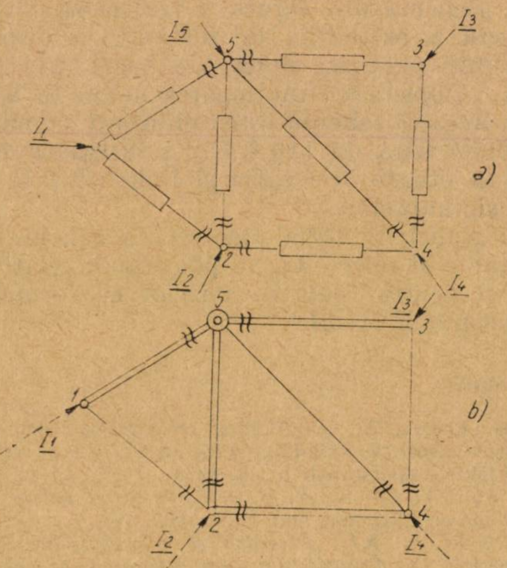


Fig. 1. Schema și graful rețelei cu transformatoare: *a* — schema de calcul; *b* — graful rețelei.

Se scrie matricea completă de incidență a laturilor cu nodurile în rețeaua cu transformatoare. Căsuțele matricei se completează cu ± 1 sau cu $\pm K$, după cum incidența este galvanică sau magnetică. La incidența magnetică pozitivă (nodul h al laturii L_{hi}) se introduce raportul $-K_{hi}$. Pentru schemele din figura 1 rezultă:

$$[A_0] = \begin{array}{c|cccc|ccc} & 15 & 24 & 35 & 25 & 12 & 34 & 45 \\ \hline 1 & & & & & 1 & & \\ 2 & & K_{42} & & K_{52} & -K_{12} & & \\ 3 & & & 1 & & & 1 & \\ 4 & & -1 & & & & -K_{34} & K_{54} \\ \hline 5 & -K_{15} & & -K_{35} & & & & -1 \end{array}$$

Matricea $[D_1]$ se scrie urmărind ciclurile închise de coardele fictive, care se introduc în rețeaua arbore. Se parcurg ciclurile coardelor fictive și se introduc în $[D_1]$ produsele rapoartelor K întîlnite în drum:

$$[D_1] = \begin{array}{c|cccc} & 15 & 24 & 35 & 25 \\ \hline 1 & 1 & & & \\ 2 & & & & K_{25} \\ 3 & & & 1 & \\ 4 & & -1 & & K_{42}\ K_{25} \end{array}$$

$$[D_1]_t = \begin{array}{c|cccc} & 1 & 2 & 3 & 4 \\ \hline 15 & 1 & & & \\ 24 & & & & -1 \\ 35 & & & 1 & \\ 25 & & K_{25} & & K_{42}\ K_{25} \end{array}$$

Submatricea $[B_1]$ din matricea $[B]$ se calculează cu relația:

$$[B_1] = -[A_2]_t[D_1] \tag{1}$$

Efectuînd produsul matricelor din (1) pentru rețeaua din figura 1 rezultă:

$$[B_1] = \begin{array}{c|cccc} & 15 & 24 & 35 & 52 \\ \hline 12 & -1 & & & K_{12}\ K_{25} \\ 34 & & -K_{34} & -1 & K_{34}\ K_{42}\ K_{25} \\ 45 & & K_{54} & & -K_{54}\ K_{42}\ K_{25} \end{array}$$

În figura 2 sînt reprezentate schema și graful unei rețele cu transformatoare, în care rapoartele K intervin numai pe laturi longitudinale. Alegînd nodul zero ca nod de referinţă, matricea $[A]$ va păstra toate informaţiile referitoare la rapoartele de transformare.

---

*) Ing. Ene Marin este director adjunct în Comitetul de Stat pentru probleme de organizare și salarizare.

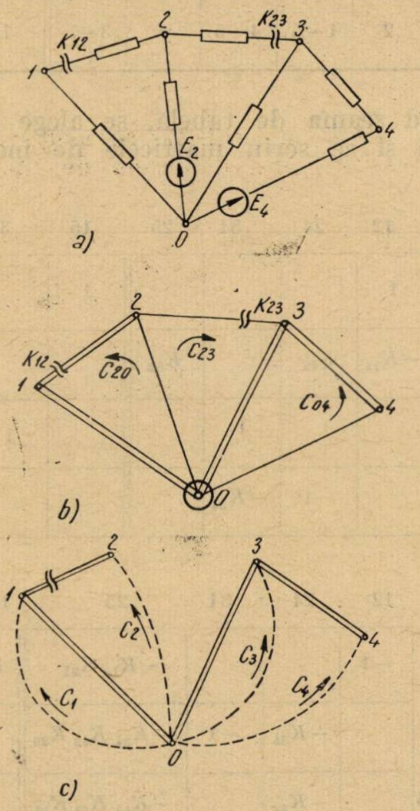


Fig. 2. Schemele unei reţele cu transformatoare :
a — schema reţelei ; *b* — graful reţelei ; *c* — arborele şi coardele fictive.

Aplicînd regulile enunţate, pentru schema din figura 2 se scriu submatricele : $[A_1]$, $[D_1]$, $[A_2]_t$, $[B_1]$.

$$[A_1] = \begin{array}{c|c|c|c|c|} & 01 & 12 & 03 & 34 \\ \hline 1 & -1 & K_{21} & & \\ \hline 2 & & -1 & & \\ \hline 3 & & & -1 & 1 \\ \hline 4 & & & & -1 \\ \hline \end{array} \; ; \quad [D_1] = \begin{array}{c|c|c|c|c|} & 01 & 12 & 03 & 34 \\ \hline C_1 & -1 & & & 1 \\ \hline C_2 & -K_{21} & -1 & & \\ \hline C_3 & & & -1 & \\ \hline C_4 & & & -1 & -1 \\ \hline \end{array}$$

$$[A_2]_t = \begin{array}{c|c|c|c|c|} & 1 & 2 & 3 & 4 \\ \hline 02 & & -1 & & \\ \hline 23 & & 1 & -K_{23} & \\ \hline 04 & & & & -1 \\ \hline \end{array} \; ; \quad [B_1] = \begin{array}{c|c|c|c|c|} & 01 & 12 & 03 & 34 \\ \hline C_{02} & -K_{21} & -1 & & \\ \hline C_{23} & K_{21} & 1 & -K_{23} & \\ \hline C_{04} & & & -1 & -1 \\ \hline \end{array}$$

2. Ecuaţiile reţelei cu transformatoare

Ecuaţiile reţelei cu transformatoare se scriu sub forma :

— Ecuaţia de material :

$$[\underline{I}] = [\underline{Y}]\,[\underline{V}]; \tag{2}$$

— Ecuaţiile topologice :

$$[\underline{A}_0][\underline{I}] = [\underline{I}_{no}]; \tag{3}$$
$$[\underline{A}_0]_t[\underline{V}_{no}] = [\underline{V}].$$

Eliminînd $[\underline{I}]$ şi $[\underline{V}]$ între ecuaţiile (2) şi (3) se obţine :

$$[\underline{I}_{no}] = [\underline{Y}_{no}][\underline{V}_{no}], \tag{4}$$

în care :

$$[\underline{Y}_{no}] = [\underline{A}_0][\underline{Y}][\underline{A}_0]_t. \tag{5}$$

Matricele coloana $[\underline{I}_{no}]$ şi $[\underline{V}_{no}]$ au termenii egali cu curenţii injectaţi la noduri, respectiv cu tensiunile la noduri.

Matricea $[\underline{Y}]$ este diagonală şi conţine admitanţele laturilor din schema echivalentă.

Matricea $[\underline{Y}_{no}]$ se calculează cu relaţia (5) sau se scrie direct cu ajutorul unor reguli analoge celor din cazul reţelei fără transformatoare.

Dacă se elimină un rînd din matricea $[\underline{A}_0]$, de exemplu, rîndul *5*, atunci se obţine matricea de incidenţă redusă $[\underline{A}]$ a grafului în care s-a ales un nod de referinţă. Nodul de referinţă al grafului se alege şi ca nod de echilibrare al reţelei, la care se impune potenţialul $\underline{V}_5 = \underline{V}_e = \underline{V}_o |\underline{0})$. Celelalte noduri ale reţelei vor fi numite noduri independente. Separînd mărimile corespunzătoare nodurilor independente (n) şi nodului de echilibrare (e) se scrie ecuaţia (4) sub forma :

$$\left|\begin{array}{c} [\underline{I}_n] \\ \hline \underline{I}_e \end{array}\right| = \left|\begin{array}{c|c} [\underline{Y}_n] & [\underline{Y}_{nc}] \\ \hline [\underline{Y}_{en}] & \underline{Y}_e \end{array}\right| \cdot \left|\begin{array}{c} [\underline{V}_n] \\ \hline \underline{V}_e \end{array}\right| \tag{6}$$

din care rezultă :

$$[\underline{I}_n] = [\underline{Y}_n][\underline{V}_n] + [\underline{Y}_{ne}]\,\underline{V}_e; \tag{7}$$
$$\underline{I}_e = [\underline{Y}_{en}][\underline{V}_n] + \underline{Y}_e \cdot \underline{V}_e.$$

Matricea $[\underline{Y}_{no}]$ din (5) este întotdeauna singulară deoarece determinantul său este zero, iar matricea $[\underline{Y}_n]$, extrasă din $[\underline{Y}_{no}]$, este întotdeauna nesingulară. În consecinţă, prima relaţie din (7) permite exprimarea matricei $[\underline{V}_n]$ prin inversarea matricei $[\underline{Y}_n]$:

$$[\underline{V}_n] = [\underline{Z}_n]\,[\underline{I}_n] + [\underline{C}_n]\,\underline{V}_e. \tag{8}$$

Matricea $[\underline{Z}_n]$ este inversa matricei $[\underline{Y}_n]$, iar $[\underline{C}_n]$ este o matrice coloană :

$$[\underline{C}_n] = -\,[\underline{Z}_n]\,[\underline{Y}_{ne}] \tag{9}$$

În particular, cînd reţeaua nu conţine transformatoare, matricea $[\underline{I}_n]$ are toţi termenii egali cu unitatea.

Matricea $[\underline{Y}_n]$ din (7) poate fi extrasă din $[\underline{Y}_{no}]$, dar poate fi exprimată şi direct cu ajutorul matricei de incidenţă redusă $[\underline{A}]$:

$$[\underline{Y}_n] = [\underline{A}][\underline{Y}][\underline{A}]_t, \tag{10}$$

sau:

$$[\underline{Y}_n]=\left|[\underline{A}_1]\middle|[\underline{A}_2]\right|\cdot\left|\begin{array}{c|c}[\underline{Y}_1] & \\ \hline & [\underline{Y}_2]\end{array}\right|\cdot\left|\begin{array}{c}[\underline{A}_1]_t\\ \hline [\underline{A}_2]_t\end{array}\right| \qquad (11)$$

Submatricele afectate de indicele 1 corespund reţelei arbore, iar submatricele afectate de indicele *2* corespund reţelei coarbore.

Efectuînd produsele matricelor din (11) se obţine relaţia:

$$[\underline{Y}_n]=[\underline{Y}_a]+[\underline{A}_2][\underline{Y}_2][\underline{A}_2]_t \qquad (12)$$

la care se adaugă:

$$\left.\begin{aligned}[\underline{Y}_a]&=[\underline{A}_1][\underline{Y}_1][\underline{A}_1]_t\\ [\underline{Z}_a]&=[\underline{D}_1][\underline{Z}_1][\underline{D}_1]_t\end{aligned}\right. \qquad (13)$$

Matricea $[\underline{Z}_a]$ este inversa matricei pătrate $[\underline{Y}_a]$. În consecinţă, matricea $[\underline{D}_1]$ din (13) este inversa matricei $[\underline{A}_1]_t$.

Matricea $[\underline{Y}_n]$, scrisă sub forma (12), se inversează cu relaţiile [5]:

$$\left.\begin{aligned}[\underline{Z}_n]&=[\underline{Z}_a]-[\underline{Z}_a][\underline{A}_2][\underline{Z}_c]^{-1}[\underline{A}_2]_t[\underline{Z}_a];\\ [\underline{Z}_c]&=[\underline{Z}_2]+[\underline{A}_2]_t[\underline{Z}_a][\underline{A}_2].\end{aligned}\right. \qquad (14)$$

Calculul matricei $[\underline{Z}_n]$, cu relaţiile (14), necesită inversarea matricei $[\underline{Z}_c]$. În consecinţă, relaţiile (14) sînt recomandabile numai dacă ordinul matricei $[\underline{Z}_c]$ este mai mic decît ordinul matricei $[\underline{Y}_n]$, adică numai dacă numărul ciclurilor independente este mai mic decît numărul nodurilor independente. Această situaţie se întîlneşte în mod curent în reţelele electroenergetice reprezentate prin scheme cu laturi longitudinale.

În relaţiile (14) intervine matricea $[\underline{Z}_a]$ a reţelei arbore, care se calculează cu a doua relaţie (13). Pentru a efectua acest calcul este necesar să se scrie mai întîi matricea $[\underline{D}_1]$.

3. Metoda mărimilor determinante în reţelele cu transformatoare

Se consideră schema din figura 1 şi se aleg laturile determinante L_{24} şi L_{25}. Ordinea laturilor din metoda mărimilor determinante este dată în tabela 1.

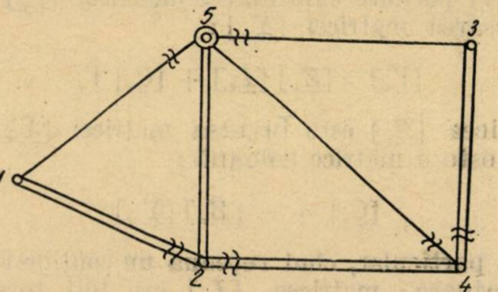


Fig. 3. Graful unei reţele cu toate ciclurile incidente la nodul de referinţă.

Tabela 1

Laturi	1−2	1−5	4−5	3−4	3−5	2−4	2−5
Noduri; cicluri	2	1−5	4−5	4	3−5	1	3

Ţinînd seama de tabelă, se alege arborele grafului şi se scriu matricele de incidenţă:

$$[A]=\begin{array}{c|c|c|c|c||c|c|c|}
 & 12 & 24 & 34 & 25 & 15 & 35 & 45\\ \hline
1 & 1 & & & & 1 & & \\ \hline
2 & -K_{12} & K_{42} & & K_{52} & & & \\ \hline
3 & & & 1 & & & 1 & \\ \hline
4 & & -1 & -K_{34} & & & & 1\\ \hline
\end{array}$$

$$[B]=\begin{array}{c|c|c|c|c||c|c|c|}
 & 12 & 24 & 34 & 25 & 15 & 35 & 45\\ \hline
15 & -1 & & & -K_{12}K_{25} & 1 & & \\ \hline
35 & & -K_{34} & -1 & -K_{34}K_{42}K_{25} & & 1 & \\ \hline
4-5 & & -K_{34} & & -K_{54}K_{42}K_{25} & & & 1\\ \hline
\end{array}$$

3.1. *Metoda curenţilor determinanţi*

În metoda curenţilor determinanţi se scrie matricea $[M]$:

$$[M]\,[I]=[F],$$

în care:

$$[\underline{M}]=\left|\begin{array}{c}[B]\ \ [Z]\\ \hline [A]\end{array}\right|;\quad [F]=\left|\begin{array}{c}[\underline{D}_c]\\ \hline [\underline{I}_n]\end{array}\right|$$

$$[M]=\begin{array}{c|c|c|c|c|c|c|c|}
 & 12 & 24 & 34 & 25 & 15 & 35 & 45\\ \hline
15 & -z_{12} & & & -K_{12}K_{25}z_{25} & z_{15} & & \\ \hline
35 & & K_{34}z_{24} & -z_{34} & -K_{34}K_{42}K_{25}z_{25} & & z_{35} & \\ \hline
45 & & -K_{54}z_{24} & & -K_{54}K_{42}K_{25}z_{25} & 1 & & z_{45}\\ \hline
1 & 1 & & & & 1 & & \\ \hline
2 & -K_{12} & K_{42} & & K_{52} & & & \\ \hline
3 & & & 1 & & & 1 & \\ \hline
4 & & -1 & & -K_{34} & & & 1\\ \hline
\end{array}$$

Pentru a trece de la matricea $[\underline{M}]$ la matricea $[M']$ se folosesc matricele de corespondență $[L]$ și $[G]$:

$$[L] = \begin{array}{c|cccc|ccc} & 12 & 24 & 34 & 25 & 15 & 35 & 45 \\ \hline 12 & 1 & & & & & & \\ 15 & & & & & 1 & & \\ 45 & & & & & & & 1 \\ 34 & & & 1 & & & & \\ 35 & & & & & & 1 & \\ 24 & & 1 & & & & & \\ 25 & & & & 1 & & & \end{array} \quad ; \quad [G] = \begin{array}{c|ccc|cccc} & 15 & 35 & 45 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ \hline 2 & & & & & 1 & & \\ 15 & 1 & & & & & & \\ 45 & & & 1 & & & & \\ 34 & & & & & & & 1 \\ 3-5 & & 1 & & & & & \\ 1 & & & & 1 & & & \\ 3 & & & & & & 1 & \end{array}$$

Astfel:

$$[M'] = [G]\,[M]\,[L]_t$$

$$[M'] = \begin{array}{c|ccccc|c|c} & 12 & 15 & 45 & 34 & 35 & 24 & 25 \\ \hline 2 & -K_{12} & & & & & K_{42} & K_{52} \\ 15 & -\underline{z}_{12} & \underline{z}_{15} & & & & & -K_{12}K_{25}\underline{z}_{25} \\ 45 & & & \underline{z}_{45} & & & -K_{54}\underline{z}_{24} & -K_{54}K_{42}K_{25}\underline{z}_{25} \\ 4 & & & 1 & -K_{34} & & -1 & \\ 35 & & & & -\underline{z}_{34} & \underline{z}_{35} & K_{34}\underline{z}_{24} & -K_{34}K_{42}K_{25}\underline{z}_{25} \\ \hline 1 & 1 & 1 & & & & & \\ 3 & & & & 1 & 1 & & \end{array}$$

Se observă că la matricea $[M']$ coloanele corespund cu ordinea laturilor, iar rîndurile cu ordinea nodurilor și ciclurilor din tabela 1.

3.2. *Metoda tensiunilor determinante*

În metoda tensiunilor determinante se scrie matricea $[M]$:

$$[M]\,[V] = [F],$$

în care:

$$[M] = \left|\begin{array}{c} [A]\,[Y] \\ \hline [B] \end{array}\right| ; \quad [F] = \left|\begin{array}{c} [\underline{I}_n] + [\underline{J}_n] \\ \hline \end{array}\right|$$

Matricele de corespondență:

$$[L]_t = \begin{array}{c|ccccccc} & 12 & 15 & 45 & 34 & 35 & 24 & 25 \\ \hline 12 & 1 & & & & & & \\ \hline 24 & & & & & & 1 & \\ 34 & & & & 1 & & & \\ \hline 25 & & & & & & & 1 \\ 15 & & 1 & & & & & \\ 35 & & & & & 1 & & \\ 45 & & & 1 & & & & \end{array} \quad ; \quad [H] = \begin{array}{c|cccc|ccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 15 & 35 & 45 \\ \hline 2 & & 1 & & & & & \\ \hline 15 & & & & & 1 & & \\ 45 & & & & & & & 1 \\ 34 & & & & 1 & & & \\ 35 & & & & & & 1 & \\ 1 & 1 & & & & & & \\ 3 & & & 1 & & & & \end{array}$$

$$[M] = \begin{array}{c|c|c|c|c|c|c|c|}
 & 12 & 15 & 45 & 34\;\;35 & 35 & 24 & 25 \\
\hline
1 & y_{12} & & & & y_{15} & & \\
2 & -K_{12}\,y_{12} & K_{42}\,y_{24} & & K_{52}\,y_{25} & & & \\
3 & & & y_{34} & & & y_{35} & \\
4 & & -y_{24} & K_{34}\,y_{34} & & & & y_{45} \\
\hline
15 & -1 & & & -K_{12}\,K_{25} & 1 & & \\
35 & & K_{34} & -1 & -K_{34}\,K_{42}\,K_{25} & & 1 & \\
45 & & -K_{54} & & -K_{54}\,K_{42}\,K_{25} & & & 1 \\
\hline
\end{array}$$

Astfel: $[M'] = [H]\,[M]\,[L]_t$

$$[M'] = \begin{array}{c|c|c|c|c|c|c|c|}
 & 12 & 15 & 45 & 34 & 45 & 24 & 25 \\
\hline
2 & -K_{12}\,y_{12} & & & & & K_{42}\,y_{24} & K_{52}\,y_{25} \\
15 & -1 & 1 & & & & & \\
45 & & & 1 & & & -K_{54} & -K_{54}\,K_{24}\,K_{25} \\
4 & & & y_{45} & -K_{34}\,y_{34} & & -y_{24} & \\
35 & & & & -1 & 1 & K_{34} & -K_{34}\,K_{42}\,K_{25} \\
\hline
1 & y_{12} & y_{15} & & & & & \\
3 & & & & y_{34} & & & \\
\hline
\end{array}$$

3.3. *Generalitatea metodei mărimilor determinante*

În schema din figura 3 s-a considerat cazul general în care transformatoarele intervin în toate laturile. Această schemă prezintă însă o particularitate deoarece toate ciclurile sînt incidente la nodul de referinţă.

În cazul reţelelor electroenergetice, transformatoarele intervin numai în unele laturi, iar ciclurile nu sînt incidente în general la nodul de referinţă. Prezenţa transformatoarelor numai în unele laturi duce la simplificarea matricei $[B]$, iar existenţa ciclurilor neincidente la nodul de referinţă duce la complicarea matricei $[B]$.

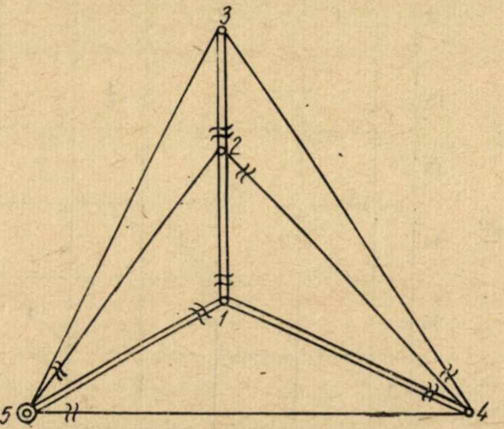


Fig. 4. Graful unei reţele care are toate ciclurile incidente la nodul de referinţă.

Pentru a demonstra valabilitatea generală a metodei se consideră schema din figura 4, care conţine cicluri neincidente la nodul de referinţă.

Se aleg laturile determinante $1-5$ şi $1-4$ şi se stabileşte ordinea laturilor din metoda mărimilor determinante (tabela 2).

Tabela 2

Laturi	12	24	25	23	34	35	45	1—4	15
Noduri şi cicluri	1	24	25	2	34	35	45	3	4

Matricele de incidenţă $[A]$ şi $[B]$:

$$[A] = \begin{array}{c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|}
 & 12 & 23 & 14 & 15 & 24 & 25 & 34 & 35 & 45 \\
\hline
1 & K_{21} & & 1 & K_{51} & & & & & \\
2 & -1 & K_{32} & & & K_{42} & 1 & & & \\
3 & & -1 & & & & & 1 & K_{53} & \\
4 & & & -K_{14} & & -1 & & -K_{34} & & 1 \\
\hline
\end{array}$$

$$
\begin{array}{cc|c|c|c|c||c|c|c|c|c|}
 & & 12 & 23 & 14 & 15 & 24 & 25 & 34 & 35 & 45 \\
 & 24 & K_{42} & & -K_{41} & (K_{41}-L_{42}K_{21})\,K_{15} & 1 & & & & \\
 & 25 & 1 & & & -K_{21}K_{15} & & 1 & & & \\
[B]= & 31 & -K_{32} & -1 & -K_{34}K_{41} & (K_{34}K_{41}-K_{32}K_{21})\,K_{15} & & & 1 & & \\
 & 35 & K_{53}K_{32} & K_{53} & & K_{53}K_{32}K_{21}K_{15} & & & & 1 & \\
 & 45 & & & K_{41} & K_{41}K_{15} & & & & & 1
\end{array}
$$

Se scriu matricele de corespondenţă $[L]_t$ şi $[G]$ şi se stabilesc matricele $[M]$ şi $[M']$ din metodele curenţilor determinanţi.

$$
\begin{array}{cc|c|c|c|c|c|c|c|c|c|}
 & & 12 & 24 & 25 & 23 & 34 & 35 & 45 & 14 & 15 \\
 & 12 & 1 & & & & & & & & \\
 & 23 & & & & 1 & & & & & \\
 & 14 & & & & & & & & 1 & \\
[L]_t= & 15 & & & & & & & & & 1 \\
\hline
 & 24 & & 1 & & & & & & & \\
 & 25 & & & 1 & & & & & & \\
 & 34 & & & & & 1 & & & & \\
 & 35 & & & & & & 1 & & & \\
 & 45 & & & & & & & 1 & &
\end{array}
\quad ; \quad
\begin{array}{cc|c|c|c|c|c||c|c|c|c|}
 & & 24 & 25 & 34 & 35 & 45 & 1 & 2 & 3 & 4 \\
 & 1 & & & & & & 1 & & & \\
 & 24 & 1 & & & & & & & & \\
 & 25 & & 1 & & & & & & & \\
[C]= & 2 & & & & & & & 2 & & \\
 & 34 & & & 1 & & & & & & \\
 & 35 & & & & 1 & & & & & \\
 & 45 & & & & & 1 & & & & \\
 & 3 & & & & & & & & 1 & \\
 & 4 & & & & & & & & & 1
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{cc|c|c|c|c||c|c|c|c|c|}
 & & 12 & 23 & 14 & 15 & 24 & 25 & 34 & 35 & 45 \\
 & 24 & K_{42}z_{12} & & -K_{14}z_{14} & (K_{41}-K_{42}K_{21})K_{15}z_{15} & z_{24} & & & & \\
 & 25 & z_{12} & & & -K_{21}K_{15}z_{15} & & z_{25} & & & \\
 & 34 & -K_{32}z_{12} & -z_{23} & -K_{34}K_{41}z_{14} & (K_{34}K_{41}-K_{32}K_{21})K_{15}z_{15} & & & z_{34} & & \\
 & 35 & K_{53}K_{32}z_{12} & K_{53}z_{23} & & & & & & z_{35} & \\
[M]= & 45 & & & K_{41}z_{14} & K_{41}K_{15}z_{15} & & & & & z_{45} \\
\hline
 & 1 & K_{21} & & 1 & K_{51} & & & & & \\
 & 2 & -1 & K_{32} & & & K_{42} & 1 & & & \\
 & 3 & & -1 & & & & & 1 & K_{53} & \\
 & 4 & & & -K_{14} & & -1 & & -K_{34} & & 1
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{cc|c|c|c|c|c|c|c||c|c|}
 & & 12 & 24 & 25 & 23 & 34 & 35 & 45 & 14 & 15 \\
 & 1 & K_{21} & & & & & & & 1 & K_{51} \\
 & 24 & K_{42}z_{12} & z_{24} & & & & & & -K_{41}z_{14} & (K_{41}-K_{42}K_{21})\,K_{15}z_{15} \\
 & 25 & z_{12} & & z_{25} & & & & & & -K_{21}K_{15}z_{15} \\
 & 2 & -1 & K_{42} & 1 & K_{32} & & & & & \\
[M']= & 34 & -K_{32}z_{12} & & & -z_{32} & z_{34} & & & -K_{31}K_{41}z_{14} & (K_{34}K_{41}-K_{32}K_{21})K_{15}z_{15} \\
 & 35 & K_{53}K_{32}z_{12} & & & K_{53}z_{23} & & z_{35} & & & K_{53}K_{32}K_{21}K_{21}z_{15} \\
 & 45 & & & & & & & z_{45} & K_{41}z_{14} & K_{41}K_{15}z_{15} \\
\hline
 & 3 & & & & -1 & 1 & K_{53} & & & \\
 & 4 & & -1 & & & & -K_{34} & 1 & -K_{14} &
\end{array}
$$

Se observă că matricea $[B]$ pentru schema din figura 5 conţine doi termeni suplimentari pe coloana 15. Căsuţele în care intervin diferenţele din paranteze sînt goale în cazul reţelei fără transformatoare. Prezenţa acestor termeni suplimentari nu modifică regulile pentru aplicarea metodei mărimilor determinante deoarece în matricea $[M']$ se obţine o submatrice triunghiulară de acelaşi ordin ca şi în reţeaua fără transformatoare.

Rezultă că metoda mărimilor determinante se aplică în reţelele cu transformatoare în acelaşi fel ca în reţelele fără transformatoare.

Bibliografie

[1] Bercovici, M. *Calculul matricial al reţelelor electrice.* Buletinul I.P.B., 23, 1961.

[2] Răduleţ, R. *Bazele teoretice ale electrotehnicii.* Editura energetică de stat, Bucureşti, 1954.

[3] Antoniu, I. S. *Calculul matricial şi tensorial în electrotehnică.* Editura Tehnică, Bucureşti, 1962.

[4] Antoniu, I. S. *Chestiuni speciale de electrotehnică.* Editura Academiei R. S. România, Bucureşti, 1956.

[5] Potolea, E. *Calculul regimului permanent al sistemelor electrice.* Editura Tehnică, Bucureşti, 1967.

[6] Dimo, P. *Analiza sistemelor electroenergetice prin separarea nodurilor şi utilizarea curenţilor de scurtcircuit.* Editura Tehnică, Bucureşti, 1959.

[7] Maximovici, H. G. *Lineinie elektriceskie ţepi i îh preobrazovania.* Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1963.

[8] Preda, M. *Consideraţii asupra aplicării calculului matricial în studiul reţelelor electrice.* Electrotehnica 5, nr. 5, 1957, p. 134—138.

[9] Edelman, H. *Calculul electric al reţelelor interconectate* (traducere din limba germană). Editura Tehnică, Bucureşti, 1966.

[10] Ene, M. *Folosirea metodei mărimilor determinante în calculul reţelelor electrice.* Electrotehnica 15, nr. 9, 1967, p. 348—351.

[11] Ene, M. *Calculul matricelor* $[Z_c]^{-1}$ *şi* $[Y_n]^{-1}$ *cu metoda mărimilor determinante.* Energetica 15, nr. 10, 1967, p. 455—461.

[12] Ene, M. *Elaborarea unor reguli privind folosirea metodei mărimilor determinante în electrotehnică.* Electrotehnica 16, nr. 1, 1968, p. 29—32.

[13] Popa, M., Ene, M. *Culegere de probleme de electrotehnică şi electroenergetică.* Editura didactică şi pedagogică, 1960.

(Articol intrat în redacţie la 21 iunie 1968)

CRONICĂ

HOTĂRÎREA

plenarei Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din 9 noiembrie 1968

Plenara Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor, luînd în dezbatere „Expunerea cu privire la aderarea Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor la Frontul Unităţii Socialiste”, îşi exprimă acordul deplin faţă de măsurile adoptate de Plenara C.C. al P.C.R. din 24—25 octombrie a.c., pentru întărirea continuă a unităţii moral-politice a poporului muncitor, a frăţiei dintre oamenii români şi ai naţionalităţilor conlocuitoare, a coeziunii naţiunii noastre socialiste.

Consiliul Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor are ferma convingere că înfiinţarea Frontului Unităţii Socialiste va contribui la accelerarea progresului economic, social, politic şi cultural în ţara noastră, la afirmarea mai puternică a rolului conducător al clasei muncitoare în societate, la întărirea alianţei, frăţiei şi unităţii indestructibile între toţi oamenii muncii, în jurul Partidului Comunist Român şi al Comitetului său Central, în frunte cu tovarăşul Nicolae Ceauşescu.

În numele intelectualităţii tehnice, plenara Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor îşi exprimă adeziunea deplină la politica partidului şi statului, ataşamentul neclintit faţă de cauza socialismului în patria noastră şi hotărîrea fermă de a-şi consacra, fără răgaz, toate forţele, energia şi priceperea înfăptuirii operei istorice de desăvîrşire a construcţiei socialiste în Republica Socialistă România.

Dînd expresie sentimentelor şi convingerilor participanţilor la plenară, ca şi aspiraţiilor tuturor inginerilor şi tehnicienilor din ţara noastră, plenara hotărăşte :

1. Aderarea Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor la Frontul Unităţii Socialiste.
2. Desemnarea, ca reprezentanţi ai CNIT în Consiliul Naţional al Frontului Unităţii Socialiste, a următorilor tovarăşi :

— Prof. emerit ing. C. Dinculescu — preşedintele CNIT
— Prof. dr. ing. O. Rusu — vicepreşedinte al CNIT
— Ing. Raţiu Maria — Uzinele textile Botoşani
— Ing. Bîrsan Pipu George — Uzinele de tractoare Braşov
— Ing. Pop Nicolae — Uzinele de mase plastice Bucureşti

Participînd la activitatea Frontului Unităţii Socialiste, Consiliul Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor înţelege să aducă o contribuţie efectivă şi susţinută la întărirea continuă a unităţii poporului, a tuturor oamenilor muncii, indiferent de naţionalitate, la consolidarea coeziunii naţiunii noastre socialiste, imensă forţă de progres material şi spiritual în România socialistă.

Plenara exprimă hotărîrea întregii intelectualităţi tehnice din România de a milita cu toate forţele şi energia pentru continua întărire a Frontului Unităţii Socialiste şi intensificarea participării la înfăptuirea amplului program elaborat de partid pentru desăvîrşirea construcţiei socialiste în patria noastră.

Recenzii

PAUL DIMO **Analiza nodală a sistemelor electroenergetice**

În 1955—1956, ing. P. Dimo publica primele sale articole în care se arătau avantajele reprezentării grafice a mașinilor sincrone prin curenții lor de scurtcircuit. Aceste prime cercetări au constituit nucleul teoriei analizei nodale, dezvoltată ulterior în o serie de alte publicații, deși la acea dată era greu de întrevăzut bogăția de rezultate la care s-a ajuns în prezent, printr-o muncă de cercetare perseverentă și competentă. În anul 1959, autorul publică volumul ,,Analiza sistemelor electroenergetice'', în care se face o prezentare sistematică a analizei nodale și a performanțelor acesteia la analiza și interpretarea unor fenomene din rețelele electrice, în special la cele privind stabilitatea statică și dinamică.

Evoluția rapidă a calculatoarelor electronice a permis cercetări ulterioare care au extins domeniul de utilizare a analizei nodale, atît de la rețelele radiale la cele buclate, cît și asupra altor aspecte din rețelele electrice, și această evoluție a fost marcată prin numeroase articole de specialitate din țară și de peste hotare.

Recent, în Editura Academiei a apărut lucrarea ,,Analiza nodală a sistemelor electroenergetice'' de ing. P. Dimo, membru corespondent al Academiei R. S. România. În acest volum se prezintă întreaga teorie a analizei nodale în ansamblu, bazată pe ultimele cercetări și rezultate obținute de autor, ca și un bogat domeniu de aplicație a acestei teorii. Importanța acestei publicații constă în primul rînd în faptul că se prezintă în mod unitar și complet ,,analiza nodală'', teorie integral românească și originală, apreciată favorabil și în repetate rînduri atît în țară, cît și peste hotare, punîndu-se astfel la îndemîna inginerilor de rețele căi noi și de mare eficacitate pentru studiul sistemelor electroenergetice. În al doilea rînd, autorul, dispunînd de o bogată experiență și o vastă cultură de specialitate, prezintă fiecare problemă importantă din teoria sistemelor electroenergetice nu numai din punctul de vedere al analizei nodale, ci și în contextul general, comentînd și interpretînd diversele soluții și tendințe întîlnite în tehnica mondială de specialitate. Aceasta face ca inginerul de rețele electrice să aibă și o orientare generală în interpretarea diverselor fenomene din punctul de vedere al celor mai recente teorii din acest domeniu.

În principiu, teoria analizei nodale a fost dezvoltată prin generalizarea ,,analizei pe nod'' a sistemelor electroenergetice. Aceasta înseamnă a păstra intacte elementele din nodul energetic analizat, și în special, generatoarele a căror comportare prezintă un interes deosebit. Fiecare generator poate fi reprezentat sub forma unui fazor, al cărui modul și unghi depind de mărimea generatorului (valoarea curentului de scurtcircuit) și de gradul său de încărcare. În acest fel toate generatoarele dintr-un nod, într-un anumit regim de funcționare, pot fi reprezentate sub forma unui lanț de fazoare, simpla vizionare a acestui lanț dînd bogate informații asupra modului în care generatoarele respective participă la regimul dat. În mod similar se pot reprezenta și generatoarele din nodurile vecine, în funcție de efectul lor (respectiv curentul de scurtcircuit) în nodul considerat. Reprezentarea acestora completează lanțul de fazoare al generatoarelor analizate, văzute din nodul în cauză.

Această reprezentare grafică, numită și imagine nodală, constituie unul din conceptele figurative ale analizei nodale.

Autorul demonstrează că o asemenea reprezentare prin lanț de fazoare se poate face atît în cazul rețelelor radiale, cît și al celor buclate, în oricare din cazuri obținîndu-se o schemă standard, pentru fiecare ramură convergentă în nodul considerat, schemă de tip REI: *radială, echivalentă* pentru întreaga latură convergentă în nod, indiferent dacă este buclată sau radială, și *independentă* de alte ramuri adiacente. Schema de tip REI constituie un alt concept figurativ al analizei nodale.

Aceste două concepte constituie baza teoriei analizei nodale și, asociate calculatoarelor electronice, permit abordarea și rezolvarea unei game întinse de probleme din teoria și practica rețelelor electrice. Fiecare asemenea problemă este cuprinsă separat în unul sau mai multe capitole din carte, autorul prezentînd nu numai bazele teoretice, dar și modul de rezolvare a problemelor, prin exemple concrete, ca, de exemplu :

- reglajul tensiunilor și puterilor în nodurile principale ale sistemului ;
- stabilitatea statică și criteriile practice de apreciere a sa ;
- fenomenele dinamice în sistem ;
- pierderile în rețelele electrice și influența lor asupra structurii sistemului ;
- calculul curenților de scurtcircuit ;
- interconexiunea a două sisteme energetice ;
- regimurile permanente de funcționare a sistemelor ;
- echivalentul REI al sistemului cu sarcină unică ;
- echivalenți de sistem pentru studii generale etc.

După cum se vede, analiza nodală este o metodă unitară și generală de analiză a sistemelor energetice, folosind metode accesibile inginerului. Prin utilizarea calculatoarelor electronice, aplicarea analizei nodale permite rezolvarea practică a tuturor problemelor de sistem indicate mai sus.

Este de remarcat că modul de reprezentare a mărimilor electrice sub forma unor fazoare orientate se încadrează total în teoria generală a grafurilor, teorie modernă, izvorîtă din aceleași necesități de a reprezenta simplu și intuitiv anumite fenomene sau relații complexe. În lucrare, autorul compară modul de reprezentare al schemelor REI folosind analiza nodală și grafurile de fluență, rezultatele fiind analoge, deși obținute în mod independent și pe căi distincte unele de altele.

În privința perspectivei de utilizare a analizei nodale, se arată posibilitatea unei vizionări directe a imaginilor nodale pe ecrane, la cerere, pentru diverse noduri, folosind o serie de informații ușor accesibile din sistem (acest procedeu făcînd obiectul unei invenții brevetate recent în țară și peste hotare). Desigur că cercetările în continuare ale autorului sînt capabile să lărgească și mai mult domeniul de utilizare a analizei nodale, ca urmare a nenumăratelor avantaje pe care le prezintă.

În sfîrșit, este de menționat că, datorită acestor avantaje, ca și introducerii utilizării calculatoarelor electronice în țara noastră, practica utilizării analizei nodale este de mult încetățenită printre cercetătorii din Ministerul Energiei Electrice și ai Institutului de Energetică a Academiei R.S.România.

Beneficiind de o imprimare grafică deosebită, ca și de o copertă sugestivă (autor Eugen Stoian), cartea constituie un succes al publicisticii tehnice românești, prezentînd un larg interes, chiar din primele momente ale apariției sale, atît pentru specialiștii din țară, cît și pentru cei de peste hotare.

Ing. **G. Manolescu**

DĂNILĂ MARK și GHEORGHE BĂLAN **Coordonarea izolației în sistemele electrice** Editura Tehnică, București, 1968

Dezvoltarea impetuoasă pe care a căpătat-o sistemul nostru energetic, ca urmare a traducerii în viață a planului de electrificare, a impus stabilirea soluțiilor tehnice privind proiectarea și exploatarea rețelelor de înaltă și, îndeosebi, de foarte înaltă tensiune.

Una din preocupările de bază ale inginerilor energeticieni și electricieni, care condiționează în ultimă instanță costul instalațiilor, mai ales de foarte înaltă tensiune, este coordonarea rațională a nivelurilor de izolație.

Reducerea nivelurilor de izolație și creșterea gradului de siguranță sînt aspecte contradictorii ale problemei coordonării izolației, în ultimă instanță elementul hotărîtor fiind cel economic, stabilirea nivelurilor de izolație făcîndu-se astfel încît să se obțină cheltuieli totale de exploatare minime.

La alegerea nivelului de izolație trebuie considerați o serie de factori importanți, ca :

— nivelul și frecvența solicitărilor (respectiv nivelul și frecvența supratensiunilor),

— gradul de reducere a solicitărilor, fie prin proiectarea rațională a schemei, fie prin mijloace specializate (descărcătoare, bobine de reactanță),

— gradul de reducere a nivelului în timpul exploatării, ca urmare a agenților exteriori (poluare etc.),

— gradul de siguranță cerut în exploatare.

Problema coordonării izolației constituie o preocupare a inginerilor energeticieni și electrotehnicieni din țara noastră (realizarea echipamentului de înaltă tensiune și foarte înaltă tensiune determinarea pe bază de încercări a nivelului solicitărilor supratensiunilor, predeterminarea prin calcul a supratensiunilor, dimensionarea izolației, în general, și a izolației din mediile contaminate, în special), cît și din organisme internaționale, ca CIGRE, CEI.

Apariția lucrării ,,Coordonarea izolației în sistemele electrice'' se încadrează pe linia preocupării pentru sinteza principalelor aspecte ale coordonării izolației. Ea merită o mențiune specială deoarece este prima lucrare de anvergură care tratează aspecte multiple ale coordonării izolației.

În partea introductivă și în capitolul 1 sînt prezentate *definițiile de bază utilizate în tehnica coordonării izolației.*

Capitolul 2, ,,*Coordonarea izolației pe baza nivelului supratensiunilor în rețea*'', este afectat solicitărilor la care este supusă izolația din exploatare și mijloacelor de reducere a acestora.

Sintetizînd experiența obținută în diferite țări, autorii prezintă tabele cu valorile supratensiunilor obținute la diferite comutații (conectări și deconectări de linii și transformatoare în gol, pentru diferite caracteristici ale sistemului și elementului deconectat).

Se insistă asupra supratensiunilor interne, ca urmare a faptului că la tensiuni foarte înalte acestea au ca rol determinarea nivelului de izolație.

Un factor important analizat este tratarea neutrului rețelei; se prezintă relații și diagrame de determinare a supratensiunilor de durată care apar la defecte nesimetrice, funcție de configurația rețelei (în special în funcție de raportul dintre parametrii de succesiune directă și inversă ai acesteia).

Privitor la aparatele de protecție, autorii consideră în alegerea acestora și necesitatea verificării capacității termice a descărcătoarelor, insistînd asupra necesității utilizării descărcătoarelor cu suflaj magnetic cu capacitate mare de trecere.

Capitolul 3, ,,*Alegerea nivelului de izolație în sistemele electrice*'', tratează elementele specifice coordonării izolației în stațiile și liniile aeriene de înaltă și foarte înaltă tensiune.

În vederea alegerii izolației din stație, autorii expun modul de coordonare a izolației adoptate de diferite țări și fac precizări asupra posibilității dimensionării pe considerente economice.

O atenție deosebită este acordată dimensionării izolației liniilor aeriene.

Se menționează că, pînă în prezent, nu s-au stabilit norme de coordonare a izolației, nici în țară și nici în străinătate.

Folosind o literatură bogată, se expun metode de determinare a nivelului de izolație, respectiv a numărului de izolatoare în lanț, funcție de o serie de parametri caracteristici:

- nivelul probabil al supratensiunilor;
- gradul de contaminare (poluare);
- forma și tipul izolatorului;
- importanța liniei în cadrul sistemului;
- altitudinea liniei;
- tipul întreruptorului folosit;
- viteza vîntului;
- modificarea caracteristicilor izolatoarelor în exploatare, ca urmare a deosebirii între condițiile exterioare de la încercare și cele din exploatare.

Parametrii menționați sînt considerați printr-o serie de factori de corecție, ținînd seamă de caracterul lor statistic.

O atenție specială este acordată instalațiilor de tensiuni foarte înalte, pentru care se dau elementele necesare nivelurilor de izolație: caracteristicile spațiilor de coordonare.

Era utilă o exemplificare a alegerii economice a nivelului de izolație pentru instalațiile de foarte înaltă tensiune.

Capitolul 4, ,,*Coordonarea nivelului de izolație al mașinilor și aparatelor electrice*'', tratează condițiile dimensionale care se cer pentru transformatoare, mașini electrice și aparate, împreună cu aparatele de protecție; sînt precizate condițiile de încercare corespunzătoare situațiilor specifice de exploatare.

Capitolul 5, ,,*Comportarea izolatoarelor în mediile poluate*'', tratează modul de dimensionare a izolației din mediile poluate, precum și măsurile pentru menținerea nivelului de izolație în exploatare.

Dimensionarea izolației are la bază cunoașterea gradului de depuneri și a caracteristicilor diferitelor tipuri de izolatoare (respectiv lungimea liniei de fugă și a factorului de formă); sînt date valorile lungimii specifice a căii de fugă necesare pentru diferite zone de depuneri.

Din cele expuse rezultă că, în cartea prezentată, sînt arătate elemente de bază necesare dimensionării și menținerii nivelului de izolație. Cartea constituie un ajutor prețios pentru inginerii și tehnicienii energetici care se ocupă de proiectarea și exploatarea instalațiilor de înaltă și foarte înaltă tensiune.

Ing. **Popa Badea**

Informații tehnice

În U.R.S.S. s-a patentat un nou tip de aprinzător electric pentru cazane alimentate cu combustibil lichid sau gazos (Patent nr. 16/374 din 20.06.1967). Aprinzătorul este construit din două bujii de avion tip SM-55-ANM-2, legate între ele printr-un corp de teflon și alimentat la tensiune de 3—4 kV de la o bobină de inducție. Avantajele noului aparat constau în simplitatea construcției, înlocuirea porțelanului cu teflon, care nu e fragil, are performanțe electroizolante mai bune și se poate fasona la orice lungime în condiții de atelier.

(Energhetik nr. 9, 1968, p. 16—17)

ORGRES a pus la punct fabricarea aparatului POISK-1, bazat pe măsurarea armonicilor superioare ale cîmpului magnetic în apropierea liniei. Elementele principale ale aparatului sînt: traductorul magnetic, capacitățile calibrate pentru acordarea aparatului la 250, 350, 550 și 650 Hz, filtrul RC în T, pentru oprirea armonicii fundamentale, amplificatorul stabilizat tranzistorizat și aparatul de măsură. Aparatele înregistrează armonicile superioare (în special a 5-a) în cazul punerilor la pămînt, cu antena așezată la circa 8 m de axul liniei. Sînt în exploatare peste 30 aparate de acest tip de peste un an și jumătate și se pregătește fabricarea în serie la uzina electromecanică din Mitișinsk.

(Energhetik nr. 9, 1968, p. 9—10)

În U.R.S.S. au fost efectuate încercări complexe la scară naturală pe o linie de transport de 500 kV acordată la semilungime de undă. Experiențele s-au efectuat prin legarea în serie a liniilor Volgograd—Moscova, Moscova—Kuibîșev, Kuibîșev—Ural—Celiabinsk, pe o lungime de 2858 km, avînd lungimea electrică apropiată de semilungimea de undă (173° electrice). Încercările au dovedit viabilitatea soluției de transmisie a puterilor de ordinul 5000 MW pe distanțe de 2000—4000 km prin rețele de foarte înaltă tensiune, acordate la semilungime de undă. Echipamentul din producția de serie pentru tensiunea de 500 kV a avut o comportare satisfăcătoare în timpul experiențelor.

(Elektricestvo nr. 8, 1968, p. 10—16

În Bulgaria, în cadrul Institutului energetic, a fost construit un nou releu de distanță tranzistorizat, cu care se pot obţine multiple forme ale caracteristicilor de funcţionare, mergînd de la dreptunghiulare (cunoscute din literatură) şi pînă la optimale, considerate pînă în prezent drept teoretice. Releul are timpi proprii de la 0,5 la 1 perioadă şi este mai simplu decît releele similare cunoscute, datorită lipsei organelor de integrare.

(Elektricestvo nr. 8, 1968, p. 70–74)

Costume de protecţie pentru personalul care lucrează în prezenţa cîmpurilor de înaltă tensiune. Pentru evitarea efectelor biologice dăunătoare ale cîmpurilor de înaltă tensiune asupra personalului care lucrează în staţiile de foarte înaltă tensiune şi pe linii sub tensiune, în U.R.S.S. s-a pus la punct fabricarea costumelor de protecţie din stofă metalizată tip V-1 cu microfir de cupru. Sînt în exploatare peste 500 de costume de acest tip, cu rezultate satisfăcătoare. Nu se recomandă folosirea costumelor cu fir de argint, datorită rezistenţei mecanice nesatisfăcătoare şi costului ridicat.

(Elektriceskie stanţii nr. 9, 1968, p. 61–65)

În U.R.S.S., pe baza unor măsurători de durată efectuate, s-au obţinut date suficiente pentru ridicarea caracteristicilor statistice ale supratensiunilor interne în staţiile de 500 kV echipate cu întreruptoare cu aer comprimat de tip VVN, atît în cazul declanşărilor simple, cît şi în cazul funcţionării cu RAR, avînd pauza mai mare decît timpul necesar pentru scurgerea sarcinilor capacitive de pe linie. Pentru staţiile echipate cu întreruptoare cu ulei mult de tipul MKP-500 nu s-au obţinut suficiente date pentru a construi caracteristici statistice, dar rezultatele arată că, spre deosebire de staţiile echipate cu întreruptoare VVN-500, în cazul staţiilor cu întreruptoare MKP-500 supratensiunile devin periculoase pentru izolaţie.

(Elektriceskie stanţii nr. 9, 1968, p. 56–60)

În U.R.S.S. s-a pus la punct fabricaţia conductoarelor de oţel-aluminiu ASOD-400 şi ASOD-600, cu diametre mărite, pentru evitarea perturbaţiilor radiofonice la echiparea liniilor de foarte înaltă tensiune. Paralel cu acestea s-au elaborat armăturile necesare pentru montajul acestor conductoare.

(Elektriceskie stanţii nr. 9, 1968, p. 53–56)

Pe baza experienţei trecerii reţelelor de cabluri de 6 kV la tensiunea de exploatare de 10 kV, în U.R.S.S. s-a constatat că frecvenţa avarierii cablurilor de 6 kV trecute în exploatare la 10 kV creşte de patru ori. Acest lucru necesită organizarea corespunzătoare a reparaţiilor. Costul reparaţiilor creşte numai de 2,5 ori. Pentru a menţine în condiţii bune de funcţionare reţelele de 10 kV cu cabluri avînd tensiunea de izolare de 6 kV, este necesară depistarea din fază incipientă a punerilor la pămînt şi compensarea curenţilor capacitivi.

(Elektriceskie stanţii nr. 9, 1968, p. 47–52)

Organizaţia Quebec Hydro a comandat la Siemens trei transformatoare la 735 kV pentru reţeaua de înaltă tensiune. Transformatoarele monofazate vor forma o unitate trifazată cu o putere totală de 600 MVA, constituind astfel cea mai mare putere la această tensiune. Transformatoarele vor fi instalate în staţia Boucherville, în apropiere de Montreal, care va avea o putere finală de 4200 MVA. Liniile de 735 kV vor aduce energia electrică de la centralele hidroelectrice de pe rîurile Manicuagan şi Outardes, situate la o distanţă de circa 600 km spre nord. Tensiunea se va transforma la 300 kV la Boucherville, pentru reţeaua provinciei Quebec.

(Water Power *20*, 1968, nr. 8, p. 301)

În oraşul Wuppertal din R. F. a Germaniei se construieşte o primă centrală electrică subterană. Este vorba de o centrală de 75 MW, realizată în mijlocul oraşului, la o adîncime de 60–80 m sub un deal. O galerie de acces, lungă de 230 m, leagă centrala cu exteriorul.

Centrala din Wuppertal va pune la dispoziţie un prim material de experienţă pentru construirea de centrale subterane cum nu s-au realizat pînă în prezent decît în Suedia şi Norvegia. Decizia pentru construirea centralei subterane a fost luată deoarece era nevoie de o instalaţie de vîrf, situată în centrul de consum şi pentru economisire de spaţiu. Noua centrală, funcţionînd pe gaze, va servi şi ca instalaţie de rezervă.

(Energie u. Technik *20*, 1968, nr. 6, p. 203)

Asociaţia proprietarilor de cazane mari (Vereinigung der Grosskesselbesitzer — VGB) a organizat la 5.4.1968 la Augsburg, la 26.4.1968 la Köln şi la 3.5.1968 la Kiel o sesiune de specialitate avînd ca subiect focare pentru păcură.

Rapoartele au tratat următoarele subiecte: stadiul actual al focarelor pentru păcură, la cazane mari; cazanul de 912 t/h pe păcură din centrala Pleinting; experienţe cu focare mixte — cărbune/păcură-gaz de rafinărie; măsurători continue de SO_3 şi domeniul de rouă la cazane cu păcură; experienţe cu cazane cu păcură avînd temperaturi ale aburului de 560°C; măsuri împotriva coroziunilor de joasă temperatură la cazane arzînd păcură.

(Energie *20*, 1968, nr. 6, p. 185–186)

Întreprinderea Rheinische Westfalische Elektrizitätswerke (RWE) şi-a propus să comande încă din 1968 o centrală nuclearoelectrică cu o putere de peste 1000 MW. Această hotărîre nu va reduce programul de dezvoltare a centralelor pe lignit.

Pentru această comandă concurează Siemens şi AEG, valoarea contractului fiind de 500 mil. mărci, la care se mai adaugă 100 mil. mărci pentru combustibil nuclear.

Termenul de punere în funcţiune prevăzut este 1973/1974. Se pare că va fi vorba şi de alimentarea cu abur a unei mari întreprinderi chimice, situată în aceeaşi zonă.

(Energie u. Technik *20*, 1968, nr. 6, p. 204)

De curînd s-a semnat la Buenos Aires, între Comisia atomică argentiniană şi firma Siemens, contractul definitiv pentru construcţia centralei nuclearoelectrice de 300 MW de la Atucha, echipată cu un reactor Siemens cu uraniu natural şi apă sub presiune.

Pe şantierul de la Atucha, la circa 100 km nord-vest de Buenos Aires, au început cu cîteva săptămîni în urmă lucrările de amenajare a terenului. De asemenea, s-au comandat componentele nucleare care sînt determinante pentru termenul final, ca: vasul de presiune al reactorului, generatoarele de abur şi sfera de oţel cu un diametru de 50 m.

(Energie u. Technik *20*, 1968, nr. 6, p. 204)

Măsurarea impulsurilor de înaltă tensiune cu ajutorul celulelor lui Kerr. Efectul electrooptic al lui Kerr rămîne liniar pînă la frecvenţa de 500 MHz. Se pot executa celule Kerr cu rigiditate excelentă dielectrică pînă la tensiuni de mai multe sute de kV şi precizia de măsurare depăşeşte sensibil 1%. Semnalul de măsurat este transmis prin lumină. Celula Kerr dă posibilitate să se măsoare cu o mare precizie, fără perturbaţii şi în special fără punere la pămînt, impulsuri de înaltă tensiune în timp de cîteva nanosecunde.

(Bull. ASE (Elveţia) nr. 15, 1968)

Convertizoare de curent cu semiconductoare pentru transmisia curentului continuu de înaltă tensiune. Valvele constituie unul din elementele de construcţie cele mai importante ale instalaţiilor de transmisie a curentului continuu de înaltă tensiune. Iniţial s-au folosit numai valve cu vapori de mercur. Prin dezvoltarea semiconductoarelor s-a dovedit că tranzistorul tiratron de putere este mai potrivit la transmisia puterilor ridicate decît valvele cu vapori cu mercur. La amorsare şi declanşare, valvele cu mercur nu prezintă nici o dificultate, în timp ce semiconductoarele nu suferă rateuri de blocaj (amorsare inversă), iar temperatura de serviciu nu este practic limitată decît în sus, ceea ce permite amorsarea la rece. Pierderile de conductibilitate în tranzistoarele tiratroane sînt mai ridicate decît la valvele cu mercur care, la rîndul lor, au pierderi mai ridicate de comandă şi răcire.

(Bull. ASE (Elveţia) nr. 15, 1968)

Conversiune de energie electrogaz-dinamică (EGD). Dezavantajele conversiunii de energie MHD sînt eliminate în mare parte în conversiunea EGD, în care un gaz se ionizează în timpul expansiunii produse într-un tub îngust prin descărcare luminiscentă. Ionii grei de gaz, încărcaţi pozitiv, sînt antrenaţi de curentul de gaz într-un tub convertizor, astfel încît între un electrod colector şi un electrod atractor se naşte o tensiune electrică. Sînt construcţii tehnice EGD cu circuite deschise sau închise. Un sistem EGD cu circuit închis poate avea, avantajos, ca sursă de căldură, un reactor răcit cu gaz.

(Bull. ASE (Elveția), nr. 15, 1968)

Material ceramic elastic pentru microcircuite. Un nou material ceramic, compus dintr-un amestec de titanat conductor, de zirconat conductor și din sticlă de silicat de bor, constituie un bun izolant și se distinge prin elasticitate și printr-o constantă slabă dielectrică. Acest nou produs este excelent ca strat protector pentru microcircuite, avînd bune proprietăți izolante și datorită porozității sale slabe. Noul material convine pentru realizarea condensatoarelor imprimate, constanta sa dielectrică fiind între 10 și 100. Din cauza proprietăților sale elastice, se poate asambla cu piese metalice. Coeficienții de dilatație termică diferiți de obiectele de unit nu dau efecte periculoase cu acest material.

(Bull. ASE (Elveția), nr. 15, 1968)

Lămpi „Makrolon" în Anglia. Acum un an și jumătate s-a prezentat noul tip de lampă „Makrolon", care a soluționat una dintre cele mai mari probleme ale administrației comunale. Noile lămpi sînt rezistente la lovire, ciocnire și la încercări de distrugere, astfel încît au fost denumite în Anglia „lămpi antivandal". Pînă în prezent s-au introdus pentru iluminat 70 000 bucăți. Încercările făcute cu pietre, împușcături, loviri etc. au dat rezultate bune. Distribuția luminii și ecranarea este optimă și se pot atinge temperaturi pînă la 135°C.

(Bull. ASE (Elveția), nr. 15 1968)

Autoritățile atomice din S.U.A. intenționează să construiască pînă în 1970 reactoare test de tipul „regeneratoare rapide" de 200—400 MW. În 1975 urmează să se construiască o centrală nucleară de demonstrare de 1000 MW.

(Bull. ASE (Elveția) nr. 15, 1968)

Producția de energie electrică în Elveția în 1966—1967. Producția totală și importul de energie electrică în Elveția în 1966/1967 a fost de 32 085 GWh, din care 29 730 GWh produse de hidrocentrale, 823 GWh de termocentrale și 1 532 GWh din import. Importul de energie electrică a fost cu 272 GWh mai mic ca în anul precedent. Repartiția consumului de energie electrică este: 50 % pentru uz domestic, artizanat și agricultură, 42 % pentru industrie și 8 % pentru tracțiune.

(Bull. ASE (Elveția) nr. 16, 1968)

Primul reactor mare după principiul fizicianului Rudolf Schulten va fi construit lîngă Dortmund, în R. F. a Germaniei, la începutul anului 1969. Acest reactor va avea 300 MW, adică va fi de 20 ori mai mare ca prototipul de la Jülich.

La Tihange, în Belgia, se construiește o centrală nucleară franco-belgiană de 740 MW, care va furniza energie electrică jumătate pentru Franța și jumătate pentru Belgia.

La Glasgow, s-a pus în funcțiune un accelerator liniar de electroni de 100 MeV, cel mai puternic din Anglia, care va servi pentru cercetări nucleare.

În Japonia se construiește un oraș pentru cercetări, care va cuprinde 160 000 oameni. În 1975, tehnicieni, cercetători și oameni de știință își vor începe activitatea. Acest oraș, la 65 km de Tokio, va fi legat de metropolă cu mijloace foarte rapide.

(Elektrotechnische Zeitschrift-B, (R. F. G.) nr. 15, 1968, p. 432—433)

Azot și heliu din gaz natural. „Gaz de France" și Grupul tehnic „Griesheim" din Frankfurt a.M. dezvoltă împreună o instalație de răcire pentru scoaterea azotului din gaz natural și pentru obținerea în același timp a heliului foarte pur. Un alt participant este și „Compagnie des Ateliers et Forges de la Loire" și vor folosi gazul natural olandez pompat de la Groningen.

Noi cantități de gaz în Olanda. Zăcămintele de la Groningen, socotite inițial la 1100 miliarde m^3 și apoi la 1650 miliarde m^3, după ultimele cercetări se ridică la 1860 miliarde m^3.

Rețea gigantică de gaz în U.R.S.S. În anul 1967 a început construcția unei rețele de conducte de gaz care va lega partea de nord a regiunii Tiumen (Siberia de vest) cu regiunile de vest. Construcția va dura nouă ani, va transporta anual 130 miliarde m^3 la peste 5000 km, zăcămintele fiind socotite ca avînd 2000 miliarde m^3.

Conductele ce se montează sînt de construcție sovietică cu diametrele interioare de 1220 și 1420 mm. Pentru pompare s-a dezvoltat un nou motor de 10 MW.

O centrală hidroelectrică de 240 MW în Venezuela. Se proiectează captarea fluviului Santo Domingo printr-un baraj de beton în arc de 90 m înălțime și cu un lac de acumulare de 10 milioane m^3.

Centrala subterană, alimentată prin conducte forțate de 14 km lungime, va avea patru grupuri de 60 MW. Cu căderea efectivă de 900 m instalația este cea mai mare centrală hidroelectrică de mare presiune din emisfera vestică. Primul grup va intra în funcțiune în 1973.

Transformarea directă căldură-energie electrică. Firma „Marx Corporation" din S.U.A. dezvoltă o nouă metodă pentru producerea directă a energiei electrice cu ajutorul unui generator aerosol. Metoda se bazează pe faptul că picături de apă, în curentul unui purtător de înaltă temperatură, prin duze, se încarcă electric. În prezent se folosește aerul ca purtător și picăturile de apă ca aerosoli. Avantajele noii metode, în comparație cu generatorul MHD, constau în renunțarea la gazul încălzit la temperatură mare și magnetul supraconductor răcit puternic. Se socotește obținerea unui randament de 70 % și o putere pînă la 50 MW pe fiecare cm^2 de secțiune de duză.

(Archiv für Energiewirtschaft (R. F. G.), nr. 11, 1968, p. 519 — 522)

Patru noi centrale în India. În statul Maharashta din India se construiesc patru noi centrale cu un total de 882,5 MW, care vor costa 800 milioane DM. Centralele vor fi puse în funcțiune pe rînd pînă în 1971.

Noi norme pentru reactoare nucleare. Comisia energiei atomice din S.U.A. a întocmit noi norme pentru proiectarea, construirea și verificarea bazinelor de presiune pentru reactoarele nucleare.

(Archiv für Energiewirtschaft (R. F. G.), nr. 15, 1968, p. 705—708)

Acord japono-englez pentru cercetări nucleare. Societatea japoneză pentru construcția reactoarelor nucleare de putere și pentru dezvoltarea combustibilului nuclear a încheiat un acord cu Comisia engleză pentru energie atomică pentru a primi informații privind reactoarele de apă grea pentru producerea aburului și echipamentul respectiv.

Japonezii vor să dezvolte un transformator termic avansat moderat cu apă grea și răcit cu apă ușoară. Instalația este în principiu asemănătoare tipului de reactor de apă grea de 100 MWe.

(Archiv für Energiewirtschaft (R.F.G.) nr. 16, 1968, p. 752—755)

Revista „ENERGETICA", organ al Ministerului Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R. S. România (CNIT). Redacția: București, Splaiul Independenței nr. 49, Sectorul VI, Tel. 136683; 130053. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament: nr. 058001 B.N.R.S.R.— Sectorul VI. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri lei 30 anual. Prețul unui exemplar lei 5. — Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „Informația", București — c. 5424

Taxele poștale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.T. nr. 10/1095, 1967

E 2039

CUPRINSUL REVISTEI „ENERGETICA"
VOL. 16 (1968)

I. Energetică generală

1. Solomon, I. : *Măsura potențialului energetic eolian*, nr. 2, p. 80—83.
2. Radu-Cernea, A., Pop, I. și Brătescu, V. : *Centrale electrice mobile ca grupuri de intervenție și ca rezervă pentru consumatori importanți*, nr. 5, p. 206—211.
3. Panaitescu, G. și Grăniceanu, M. : *Realizări și perspective privind îmbunătățirea factorului de putere la consumatori și în sistemul electroenergetic*, nr. 4, p. 151—155.
4. Stăncescu, I. D. : *Incidențe energetice ale concentrării industriale*, nr. 7, p. 296—299.
5. Nitu, V. I., Goldenberg, C. și Ionescu, S. : *Model de programare liniară pentru previziunea dezvoltării centralelor electrice* (partea I), nr. 8, p. 337—342.
6. Cartianu, P. : *Aspecte economice actuale ale energeticii mondiale*, nr. 8, p. 367—373.
7. Goldenberg, C., Ionescu, S., Staadecker, M. și Vlădescu, A. : *Model de programare liniară pentru previziunea dezvoltării centralelor electrice* (partea a II-a), nr. 9, p. 385—394.
8. Goldenberg, C. și Ionescu, S. : *Model de programare liniară pentru previziunea dezvoltării centralelor electrice* (partea a III-a), nr. 11, p. 481—487.

II. Termoenergetică

1. Neuberger, G. și Kaufman, M. : *Probleme ridicate de pătrunderile de apă brută, sau numai dedurizată, în circuitul primar al centralelor termoelectrice cu parametri înalți*, nr. 1, p. 31—34.
2. Golici, D. : *Contribuții la determinarea consumului specific de căldură în condiții de sarcină variabilă*, nr. 2, p. 49—53.
3. Berbece, C. : *Reglarea temperaturii aburului la cazanele cu tambur. Scheme și metode de acordare*, nr. 2, p. 53—59.
4. Filip, O. L. : *Noi aspecte ale neutralizării apelor reziduale în instalațiile de demineralizare*, nr. 2, p. 86—89.
5. Pavnotescu, O. și Crăciuneanu, C. : *Influența fineții de măcinare a prafului de cărbune asupra funcționării cazanelor de 330 t/h*, nr. 3, p. 97—103.
6. Golici, D. : *Determinarea randamentului intern și a consumului specific de căldură la turbine cu condensație și două prize reglabile*, nr. 4, p. 145—151.
7. Kraus, H. : *Tehnologia tratării condensatului de turbină la grupurile de 300 MW de la CET Craiova*, nr. 4, p. 188—189.
8. Popovici, V. : *Diagramă unică pentru studierea și calcularea ciclurilor termice de gaze*, nr. 5, p. 201—202.
9. Slăvescu, M. : *Aparat pentru măsurarea conținutului de cenușă din gazele de ardere la cazanele funcționînd pe cărbune pulverizat*, nr. 5, p. 203—206.
10. Golici, D. : *Aspecte privind pornirea turbinelor cu abur în U.R.S.S.*, nr. 5, p. 232—236.
11. Georgescu, Al. și Iftime, P. : *Metode de îndreptare a rotoarelor turbinelor cu abur*, nr. 6, p. 245—252.
12. Oancea, N. : *Eficiența termodinamică a turnurilor de răcire*, nr. 6, p. 252—257.
13. Fulga, C. și Păun, M. : *Centrala electrică cu turbine cu gaze de la București-Sud*, nr. 8, p. 343—352.
14. Schlötter, Fr., Comănescu, T., Velichi, V. și Pavnotescu, O. : *Amortizarea zgomotelor produse de eșaparea aburului în atmosferă la centralele termoelectrice*, nr. 8, p. 353—357.
15. Crăciun, M. : *Considerații la stabilirea unui criteriu de stabilitate hidraulică a rețelelor de termoficare*, nr. 8, p. 358—362.
16. Ungureanu, C. și Gutmayer, H. : *Unele aspecte ale arderii combustibililor lichizi grei în focarele cazanelor de abur*, nr. 9, p. 394—402.
17. Badea, I. A. : *Nivelul de automatizare în centralele termoelectrice din țară*, nr. 10, p. 432—438.
18. Otobâcu, V. : *Măsurarea vibrațiilor la paletele turbinelor cu abur*, nr. 10, p. 467—470.
19. Voinea, Gh. : *Refacerea cordoanelor de sudură fisurate la rotoarele tip tambur ale turbinelor cu abur*, nr. 10, p. 470—473.
20. Wlezek, C. : *Analiza cu calculatorul electronic a economiei de combustibil realizabilă prin termoficare*, nr. 10, p. 461—467.
21. Badea, I. A. și Semedrea, M. : *Centralizarea conducerii și automatizarea instalațiilor hidrotehnice ale centralelor termoelectrice*, nr. 11, p. 488—493.
22. Staicu, C. I. : *Diametrul țevii de distribuție a apei în turnul de răcire*, nr. 11, p. 510—512.
23. Berbece, C. : *Analiza cu ajutorul calculatorului a patru scheme de reglare a temperaturii aburului la un cazan de 420 t/h*, nr. 12, p. 536—544.

III. Electroenergetică

1. Constantinescu, E. : *Distribuția în timp a avariilor în sistemul electroenergetic național*, nr. 1, p. 21—27.
2. Staicu, C. I., Mitroi, A. și Teacă, A. : *Problema siguranței în exploatare a unui sistem energetic*, nr. 1, p. 27—31.
3. Crețu, D. și Marini, G. : *Caracteristicile electroenergetice specifice tracțiunii electrice în zona Brașov-Cîmpina*, nr. 2, p. 59—67.
4. Iacobescu, Gh. : *Determinarea tensiunii tranzitorii de restabilire prin metoda undelor staționare*, nr. 2, p. 67—75.
5. Albert, H. : *Considerații privind conservarea puterilor în schemele cu generator echivalent*, nr. 2, p. 76—79.
6. Popa, B. : *Divizoare de tensiune pentru măsurători la încercări experimentale în sistemul energetic*, nr. 3, p. 115—121.
7. Paltin, M. : *Necesitatea protejării ignifuge și anticorosive a cablurilor din stații și centrale electrice*, nr. 3, p. 121—131.
8. Ionescu, S., Ungureanu, B., Nica, A., Seliski, A. și Gheorghe, O. : *Studiul comportării sistemului de reglare a tensiunii la un hidrogenerator*, nr. 4, p. 163—167.
9. Buga, I. : *Principii noi de realizare a protecției selective contra punerii la pămînt în rețelele de medie tensiune*, nr. 4, p. 167—171.
10. Crețu, D., Marini, G. și Trițescu, Al. : *Implicațiile tracțiunii electrice Brașov-Cîmpina în sistemul electroenergetic*, nr. 4, p. 172—182.
11. Mathe, B., Broșteanu, Gh. și Tudorache, C. : *Comportarea noului întrerupător cu ulei puțin de 110 kV (IO—110) la defect kilometric*, nr. 5, p. 212—217.
12. Goia, L. : *Metode moderne de determinare a rezistivității straturilor de sol*, nr. 5, p. 217—227.
13. Constantinescu, E. : *Folosirea în electroenergetică a conductoarelor răcite la temperaturi foarte joase*, nr. 6, p. 257—262.
14. Horodniceanu, M. și Liber, D. : *Serviciile interne de curent continuu din centralele electrice*, nr. 6, p. 262—269.
15. Pătrășescu, D. : *Probleme specifice ale serviciilor proprii în centralele termoelectrice de mare putere*, nr. 6, p. 270—275.
16. Rașcu, P. : *Soluții tehnice interesante utilizate în proiectul stației de transformare 220/110/20 (15) kV Argeș*, nr. 6, p. 276—281.
17. Rothman, A. : *Transportul energiei electrice prin microunde*, nr. 8, p. 373—376.
18. Stein, M. și Grigoriu, V. : *Sisteme de comandă și control pentru partea electrică a centralelor și stațiilor electrice*, nr. 9, p. 402—408.
19. Mark, D., Simovici, Em., Stoianovici, C., Munteanu, Fl. și Ionescu, Ad. : *Scheme de comandă, semnalizare și blocaj cu elemente UNILOG, utilizate în automatizarea centralelor și stațiilor electrice*, nr. 9, p. 409—414.
20. Vasilescu, P. : *Algoritm general pentru calculul scurtcircuitelor*, nr. 9, p. 414—420.
21. Dimo, P. și Cristea, H. : *Utilizarea conceptelor figurative în analiza automată a comportării sistemelor electroenergetice*, nr. 10, p. 438—443.
22. Ionescu, Al., Popa, B., Bensimon, A., Bratu A., Goldenberg, R. și Cristovici, A. : *Unele rezultate ale cercetărilor privind nivelul supratensiunilor de comutație în rețelele de înaltă tensiune din R. S. România*, nr. 10, p. 444—452.
23. Iacobescu, Gh. și Iordănescu, I. : *Supratensiuni produse la deconectarea în gol a transformatoarelor*, nr. 10, p. 452—460.
24. Stein, M. și Grigoriu, V. : *Nivelul puterilor de scurtcircuit pe barele de 6 (10) kV în centrale și stații electrice*, nr. 11, p. 494—501.
25. Albert, H. și Brădescu, M. : *Posibilități de simplificare a schemelor stațiilor electrice de conexiuni pe considerente de siguranță în funcționare*, nr. 11, p. 501—509.
26. Georgescu, Ad. : *Însemnătatea Conferinței Internaționale a Marilor Rețele Electrice (CIGRE) și a sesiunii din acest an pentru energeticienii din țara noastră*, nr. 12, p. 529—530.
27. *Lucrările celei de-a 22-a sesiuni a Conferinței Internaționale a Marilor Rețele Electrice (CIGRE)* nr. 12, p. 530—536.
28. Pantea, Al. : *Blocarea protecției de distanță la dispariția tensiunilor alternative pe linii în rețele cu neutrul legat direct la pămînt*, nr. 12, p. 558—561.
29. Ene, M. : *Aspecte noi ale folosirii calculului matricial în studiul rețelelor electrice*, nr. 12, p. 562—568.

IV. Hidroenergetică

1. Iorgulescu, Fl. și Focșa, Vl. : *Sistemul hidroenergetic și de navigație Porțile de Fier în curs de execuție* (partea a II-a), nr. 1, p. 1—14.
2. Pavel, D. : *Metode noi de dimensionare a turbinelor-bulb*, nr. 1, p. 14—21.
3. Borisevici, B. : *Optimizarea rețelelor de aducțiuni secundare la centrale hidroelectrice*, nr. 3, p. 103—111.
4. Cristea, V. și Călușeriu, E. : *Folosirea calculatoarelor electronice pentru studiul rețelelor de aducțiuni secundare la centrale hidroelectrice*, nr. 3, p. 112—114.
5. Focșa, Vl. : *Centrala hidroelectrică Seitevare, din Suedia*, nr. 6, p. 282—287.
6. Manea, I. și Ionescu, Vl. : *Automatizarea cascadelor de centrale hidroelectrice funcționînd pe firul apei*, nr. 12, p. 549—557.

V. Energetică industrială

1. Comănescu, T. : *Nevoile și caracteristicile cererii de energie electrică și căldură a marilor consumatori industriali*, nr. 7, p. 300—303.
2. Stăncescu, I. D. : *Diferite concepții în rezolvarea problemei alimentării cu căldură și energie electrică a marilor ansambluri industriale*, nr. 7, p. 304—309.
3. Schwefelberg, A. : *Planificarea de ansamblu, probleme financiare și tarifare*, nr. 7, p. 309—312.
4. * * * *Rezumatele rapoartelor prezentate la Simpozionul asupra problemelor privind alimentarea cu căldură și energie electrică a marilor complexe industriale* — București, 20—22 mai 1968, nr. 7, p. 316—334.
5. Stăncescu, I. D. : *Simpozionul privind alimentarea cu căldură și energie electrică a marilor ansambluri industriale. Concluzii generale*, nr. 10, p. 429—431.
6. Vlădea, I., Derigault, A. și Feldmann, V. : *Valorificarea căldurii fizice a zgurelor metalurgice*, nr. 12, p. 545—548.

VI. Energetică nucleară

1. Vasilescu, N. și Florescu, A. : *Reactoare de putere cu apă grea. Simpozionul AIEA — Viena, septembrie 1967*, nr. 2, p. 89—94.
2. Wlezek, C.: *Simpozionul privind „Extrapolarea și compararea prețurilor de revenire a energiei nuclearoelectrice în lume" — Londra, 9—13 oct. 1967*, nr. 3, p. 141—143.
3. Haiduc, C. : *Analiza eficacității termice a centralelor nuclearo-electrice cu reactoare fierbătoare moderate cu apă grea*, nr. 4, p. 155—163.

VII. Din exploatare

1. Pantea, A. și Stoichițescu, T. : *Protecția de distanță în rețelele electrice de medie tensiune*, nr. 1, p. 38—42.
2. Buga, I. : *Principii noi de realizare a protecției selective contra punerii la pămînt în rețelele de medie tensiune*, nr. 4, p. 167—171.
3. Otobâcu, V. : *Măsurarea vibrațiilor la paletele turbinelor cu abur*, nr. 10, p. 467—470.
4. Voinea, Gh. : *Refacerea cordoanelor de sudură fisurate la rotoarele tip tambur ale turbinelor cu abur*, nr. 10, p. 470—473.

VIII. Articole economice și tehnico-organizatorice

1. Măcriș, A. : *Teoria jocurilor de strategie. Aplicații în probleme de organizare*, nr. 3, p. 131—136.
2. Bîrsănescu, V. : *Mecanizarea evidenței și calculului în organizațiile de construcții și montaje energetice*, nr. 3, p. 136—140.
3. Panaitescu, G. și Grăniceanu, M. : *Realizări și perspective privind îmbunătățirea factorului de putere la consumatori și în sistemul electroenergetic*, nr. 4, p. 151—155.
4. Drăgușanu, R. : *Studiu asupra posibilităților de utilizare a calculatoarelor electronice cifrice în tratarea și depozitarea informației privind normele de muncă*, nr. 4, p. 182—187.
5. Cartianu, P. : *Organizarea economiei electroenergetice în Franța, Anglia și Italia*, nr. 4, p. 190—192.
6. Măcriș, A. : *Optimizarea costurilor în metoda drumului critic*, nr. 8, p. 363—366.
7. Wlezek, C. : *Analiza cu calculatorul electronic a economiei de combustibil realizabilă prin termoficare*, nr. 10, p. 461—467.
8. Luca, L. : *Considerații cu privire la compartimentul de organizare a producției și a muncii*, nr. 10, p. 473—478.
9. Măcriș, A. : *Organizarea unui atelier de reparat transformatoare (fenomene de așteptare cu un șir limitat)*, nr. 10, p. 478—480.
10. Marinescu, Gh. și Popescu, T. : *Metodă de calcul pentru amplasarea unităților (centrelor) de exploatare a instalațiilor electrice*, nr. 11, p. 512—517.
11. Cârlan, M. : *Utilizarea corelației multiple și a regresiei curbilinii la determinarea duratei lucrărilor de reparații*, nr. 11, p. 518—523.

IX. Pentru tînărul inginer

1. Radu-Cernea, A. și Trifu, C. : *Utilizarea calculelor exergetice în studiul proceselor caracteristice cazanelor de abur*, nr. 1, p. 34—38.
2. Săvulescu, Cr. : *Evoluții recente ale metodelor numerice de determinare a regimurilor staționare ale sistemelor electroenergetice*, nr. 5, p. 227—232.

X. Energetica peste hotare

1. Fendrihan, L. : *Aspecte privind tratarea chimică a cazanelor de abur în R.D.G.*, nr. 2, p. 83—85.
2. Vasilescu, N. și Florescu, A. : *Reactoare de putere cu apă grea. Simpozionul AIEA — Viena, septembrie 1967*, nr. 2, p. 89—94.
3. Cartianu, P. : *Organizarea economiei electroenergetice în Franța, Anglia și Italia*, nr. 4, p. 190—192.
4. Semedrea, M. : *Unele aspecte privind automatizarea centralelor termoelectrice din R. P. Polonă*, nr. 4, p. 192—194.
5. Golici, D. : *Aspecte privind pornirea turbinelor cu abur în U.R.S.S.*, nr. 5, p. 232—236.
6. Focșa, Vl. : *Centrala hidroelectrică Seitevare, din Suedia*, nr. 6, p. 282—287.
7. Cartianu, P. : *Aspecte economice actuale ale energeticii mondiale*, nr. 8, p. 367—373.

XI. Cronică

1. Manolescu, G. : *Cea de-a XXXII-a Reuniune generală a Comisiei Electrotehnice Internaționale*, nr. 1, p. 42—43.
2. Drăgan, G. : *A IX-a Conferință internațională pentru protecția contra trăsnetului (Blitzschutzkonferenz)*, nr. 1, p. 43—44.
3. Arie, E. : *Simpozionul „Analiza și sinteza rețelelor electrice"*, nr. 1, p. 45—46.
4. Schlötter, Fr. : *Cel de-al IV-lea Congres al instalatorilor polonezi*, nr. 2, p. 94.
5. Petroianu, A., Ungureanu, B. și Plăvițu, G. : *Consfătuirea specialiștilor țărilor membre CAER privind utilizarea calculatoarelor electronice numerice în sistemele energetice*, nr. 3, p. 140.
6. * * * *Sesiunea de comunicări tehnico-științifice a Institutului de studii și proiectări energetice*, nr. 3, p. 141.
7. Wlezek, C. : *Simpozionul privind „Extrapolarea și compararea prețurilor de revenire a energiei nuclearoelectrice în lume" — Londra, 9—13 oct. 1967*, nr. 3, p. 141—143.
8. * * * *Conferința „Metode și procedee în controlul nedistructiv al instalațiilor și realizarea unui regim corect al apei la cazanele de abur", Craiova, noiembrie 1967*, nr. 4, p. 195.
9. * * * *Recomandările consfătuirii tehnice „Metode și procedee în controlul nedistructiv al instalațiilor și realizarea unui regim corect al apei la cazanele de abur"*, nr. 5, p. 237—239.
10. * * * *Continuă și se extinde acțiunea de organizare științifică a producției și a muncii în unitățile Ministerului Energiei Electrice*, nr. 5, p. 239.
11. * * * *Dezvoltarea ramurii energiei electrice și termice*, nr. 5, p. 239.
12. * * * *Federația Mondială a Organizațiilor de Ingineri*, nr. 6, p. 287—289.
13. * * * *Cronica desfășurării Simpozionului asupra problemelor privind alimentarea cu căldură și energie electrică a marilor complexe industriale — București, 20—22 mai 1968*, nr. 7, p. 290.
14. Rothman, A. : *Viața și opera lui Gabriel Kron*, nr. 8, p. 376—377.
15. Popovici, St. : *Consfătuirea în problemele de automatizări termice din centralele electrice — București, 15—16 martie 1968*, nr. 8, p. 377—378.
16. Mocanu, T. : *Simpozionul „Realizarea și perspectivele de dezvoltare a centralelor nuclearoelectrice cu reactoare apă-apă" — Moscova, 22—27 aprilie 1968*, nr. 8, p. 378.
17. Pănoiu, N. : *Cea de-a 14-a sesiune anuală de comunicări științifice a Institutului de energetică al Academiei R. S. România*, nr. 9, p. 422—424.
18. Bălan, Gh. : *A VI-a sesiune de comunicări tehnico-științifice a Întreprinderii pentru raționalizarea și modernizarea instalațiilor energetice (IRME)*, nr. 9, p. 424—426.
19. * * * *De la Comitetul Național Român al Marilor Baraje*, nr. 11, p. 523—524.
20. *Hotărîrea plenarei Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din 9 noiembrie 1968*, nr. 12, p. 568.

XII. Discuții

1. Moțoiu, C. : *Cu privire la articolul „Eficiența termodinamică a turnurilor de răcire"*, nr. 9, p. 420.

XIII. Diverse

1. *Recenzii* : nr. 2, p. 95 ; nr. 3, p. 143 ; nr. 4, p. 195—196 ; nr. 5, p. 240—241 ; nr. 8, p. 380—381 ;nr. 11, p. 524—526 ; nr. 12, p. 569—570.
2. *Tratarea apei în centralele termoelectrice — Bibliografie 1966—1967*, nr. 9, p. 420—422.

INDEX ALFABETIC AL AUTORILOR
articolelor apărute în „Energetica" vol. 16 (1968)

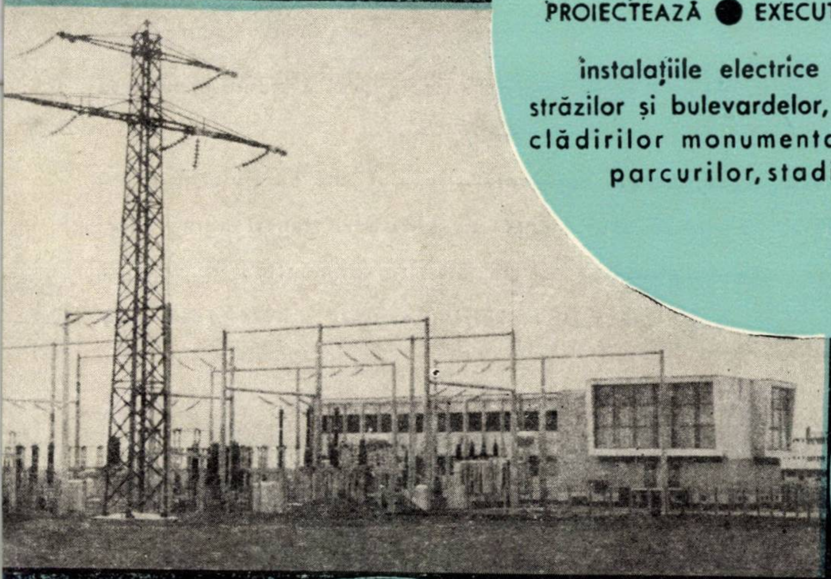
Albert, H., III, 5, 25.
Arie, E., XI, 3.
Badea, I. A., II, 17, 21.
Bălan, Gh., XI, 18.
Bensimon, A., III, 22.
Berbece, C., II, 3, 23.
Bîrsănescu, V., VIII, 2.
Borisevici, B., IV, 3.
Bratu, A., III, 22.
Brădescu, M., III, 25.
Brătescu, V., I, 2.
Broșteanu, Gh., III, 11.
Buga, I., III, 9; VII, 2.
Cartianu, P., I, 6; VIII, 5, X, 3, 7.
Călușeriu, E., IV, 4.
Cârlan, M., VIII, 11.
Comănescu, T., II, 14.
Comănescu, T., V, 1.
Constantinescu, E., III, 1, 13.
Crăciun, M., II, 15.
Crăciuneanu, C., II, 5.
Crețu, D., III, 3, 10.
Cristea, H., III, 21.
Cristea, V., IV, 4.
Cristovici, A., III, 22.
Derigault, A., V, 5.
Dimo, P., III, 21.
Drăgan, G., XI, 2.
Drăgușanu, R., VIII, 4.
Ene, M., III, 29.
Feldmann, V., V, 6.
Fendrihan, L., X, 1.
Filip, O. L., II, 4.
Florescu, A., VI, 1 ; X, 2.
Focșa, Vl., IV, 1, 5 ; X, 6.
Fulga, C., II, 13.
Georgescu, Ad., III, 26.
Georgescu, Al., II, 11.
Gheorghe, O., III, 8.
Goia, L., III, 12.
Goldenberg, C., I, 5, 7, 8.
Goldenberg, R., III, 22.
Golici, D., II, 2, 6, 10 ; X, 5.
Grăniceanu, M., I, 3 ; VIII, 3.
Grigoriu, V., III, 18, 24.
Gutmayer, H., II, 16.
Haiduc, C., VI, 2.
Horodniceanu, M., III, 14.
Iacobescu, Gh., III, 4, 23.
Iftime, P., II, 11.
Ionescu, Ad., III, 19.
Ionescu, Al., III 22.
Ionescu, S., I, 5, 7, 8 ; III, 8.
Ionescu, Vl., IV, 6.
Iordănescu, I., III, 23.
Iorgulescu, Fl., IV, 1.
Kaufman, M., II, 1.
Kraus, H., II, 7.
Liber, D., III, 14.
Luca, L., VIII, 8.
Manea, I., IV, 6.
Manolescu, G., XI, 1.
Marinescu, Gh., VIII, 10.
Marini, G., III, 3, 10.
Mark, D., III, 19.
Mathe, B., III, 11.
Măcriș, A., VIII, 1, 6, 9.
Mitroi, A., III, 2.
Mocanu, T., XI, 16.
Moțoiu, C., XII, 1.
Munteanu, Fl., III, 19.
Neuberger, G., II, 1.
Nica, A., III, 8.
Nitu, V. I., I, 5.
Oancea, N., II, 12.
Otobâcu, V., II, 18 ; VII, 3.
Paltin, M., III, 7.
Panaitescu, G., I, 3 ; VIII, 3.
Pantea, Al., III, 28 ; VII, 1.
Pavel, D., IV, 2.
Pavnotescu O., II, 5, 14.
Pănoiu, N., XI, 17.
Pătrășescu, D., III, 15.
Păun, M., II, 13.
Petroianu, Al., XI, 5.
Plăvițu, G., XI, 5
Pop, I., I, 2.
Popa, B., III, 6, 22.
Popescu, T., VIII, 10.
Popovici, St., XI, 15.
Popovici, V., II, 8.
Radu-Cernea, A., I, 2 ; IX, 1.
Rașcu, P., III, 16.
Rothman, A., III, 17 ; XI, 14.
Săvulescu, Cr., IX, 2.
Schlötter, Fr., II, 14 ; XI, 4.
Schwefelberg, A., V, 3.
Seliski, A., III, 8.
Semedrea, M., II, 21 ; X, 4.
Simovici, Em., III, 19.
Slăvescu, M., II, 9.
Solomon, I., I, 1.
Staadecker, M., I, 7.
Staicu, C. I., II, 22 ; III, 2.
Stăncescu, I. D., I, 4 ; V, 2, 5.
Stein, M., III, 18, 24.
Stoianovici, C., III, 19.
Stoichițescu, T., VII, 1.
Teacă, A., III, 2.
Trifu, C., II, 24 ; IX, 1.
Trițescu, Al., III, 10.
Tudorache, C., III, 11.
Ungureanu, B., III, 8 ; XI, 5.
Ungureanu, C., II, 16.
Vasilescu, N., VI, 1 ; X, 2.
Vasilescu, P., III, 20.
Velichi, V., II, 14.
Vlădea, I., V, 6.
Vlădescu, A., I, 7.
Voinea, Gh., II, 19 ; VII, 4.
Wlezek, C., II, 20 ; VI, 2 ; VIII, 7 ; XI, 7.

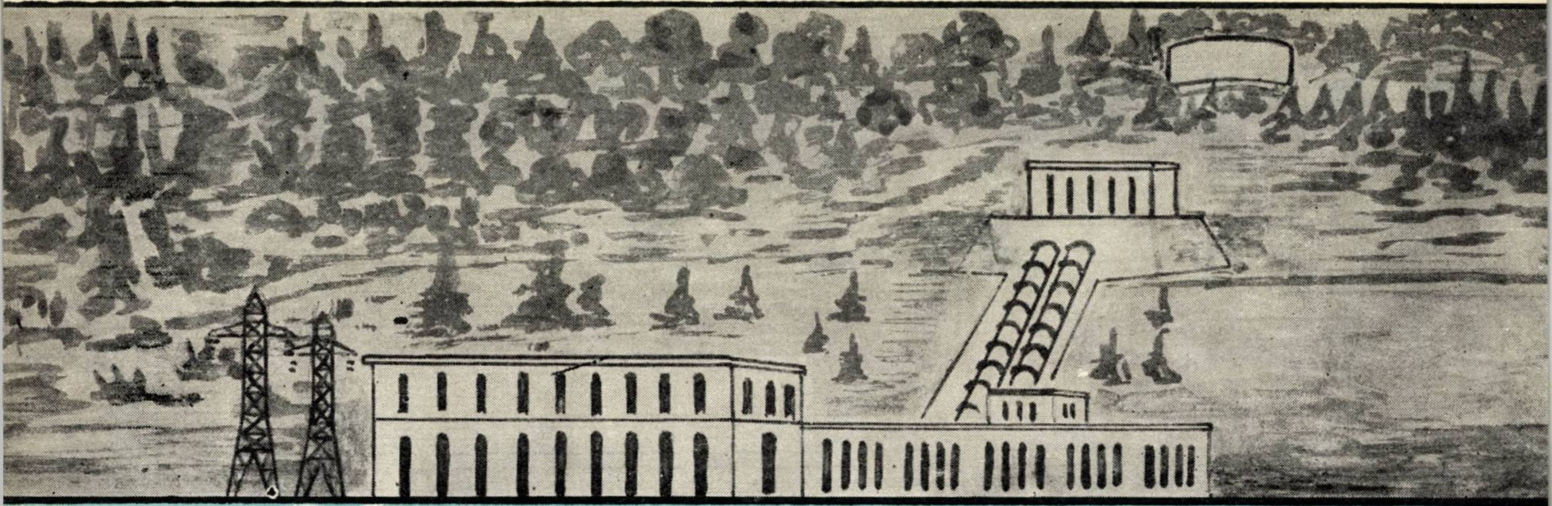
IDEB

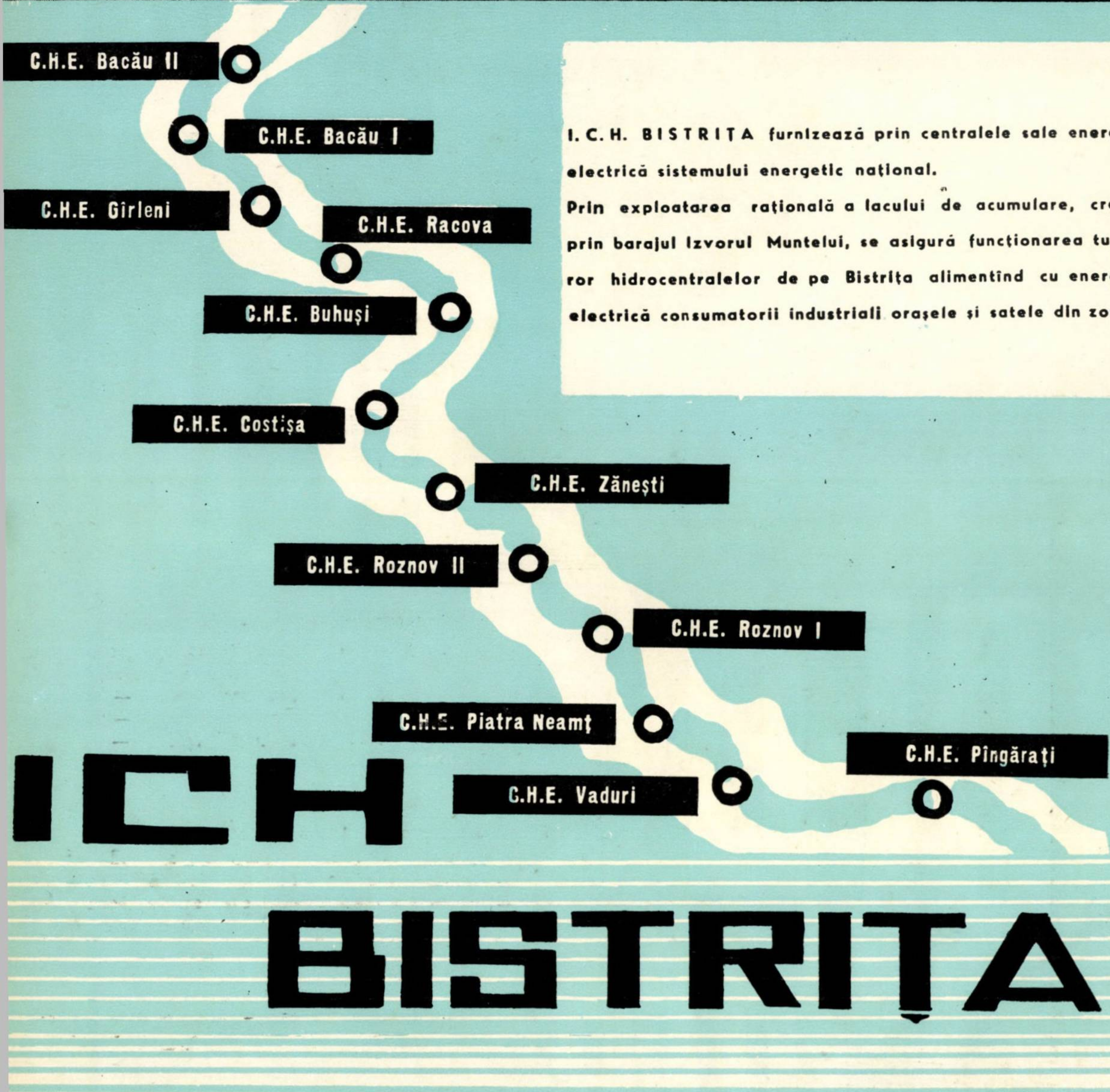
ÎNTREPRINDEREA DE DISTRIBUȚIE
A
ENERGIEI ELECTRICE-BUCUREȘTI

PROIECTEAZĂ ● EXECUTĂ ● EXPLOATEAZĂ

instalațiile electrice de iluminat a:
străzilor și bulevardelor, piețelor, fațadelor
clădirilor monumentale, monumentelor
parcurilor, stadioanelor etc.






C.H.E. Bacău II
C.H.E. Bacău I
C.H.E. Gîrleni
C.H.E. Racova
C.H.E. Buhuși
C.H.E. Costișa
C.H.E. Zănești
C.H.E. Roznov II
C.H.E. Roznov I
C.H.E. Piatra Neamț
C.H.E. Pîngărați
C.H.E. Vaduri

I. C. H. BISTRIȚA furnizează prin centralele sale energie electrică sistemului energetic național.

Prin exploatarea rațională a lacului de acumulare, creat prin barajul Izvorul Muntelui, se asigură funcționarea tuturor hidrocentralelor de pe Bistrița alimentînd cu energie electrică consumatorii industriali orașele și satele din zonă.

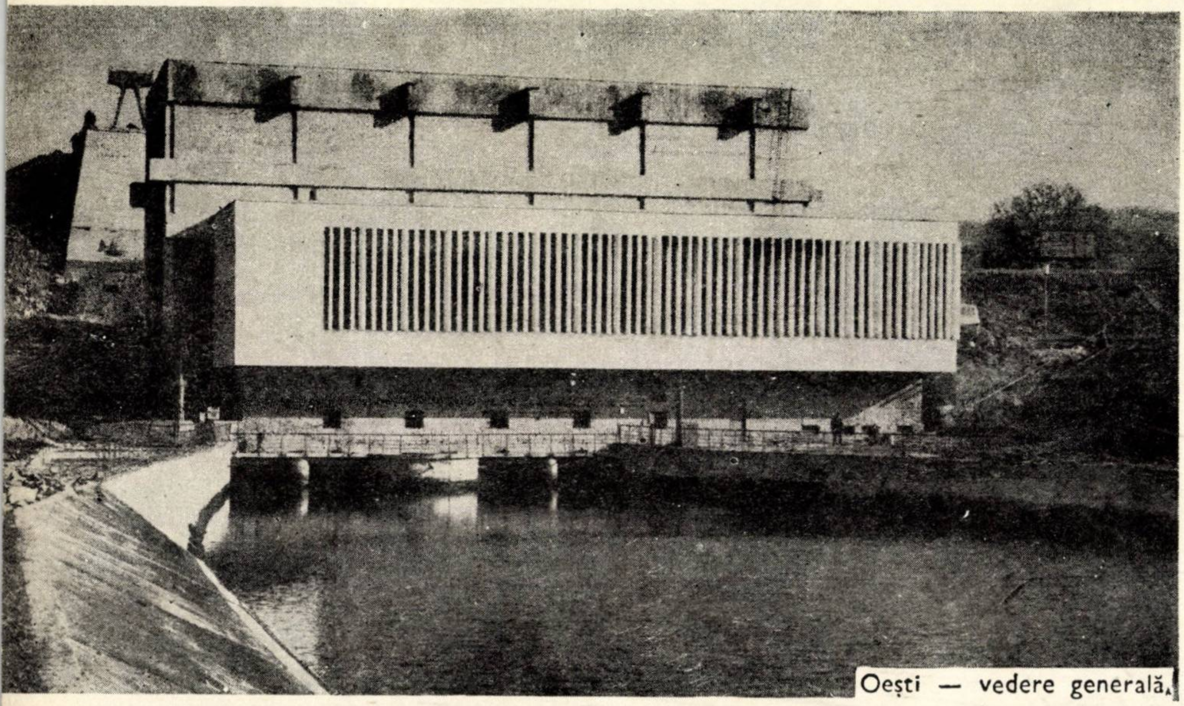
ICH BISTRIȚA

INTREPRINDEREA
CONSTRUCȚII
HIDROENERGETICE

execută lucrări de:

- Baraje de toate genurile
- Centrale hidroelectrice subterane și de suprafață
- Tuneluri și galerii hidrotehnice
- Canale și diguri
- Amenajări pentru alimentarea cu apă a marilor industrii

I.C.H.-București, str. Dimitrie Onciu nr. 23-25
Telefon 35.54.70. Telex INCOHIDROEN Buc. 244



Oești — vedere generală.

Întreprinderea Centrala hidroelectrică Argeș, cu sediul în comuna Corbeni, județul Argeș, furnizează energie electrică sistemului energetic național prin centralele sale.

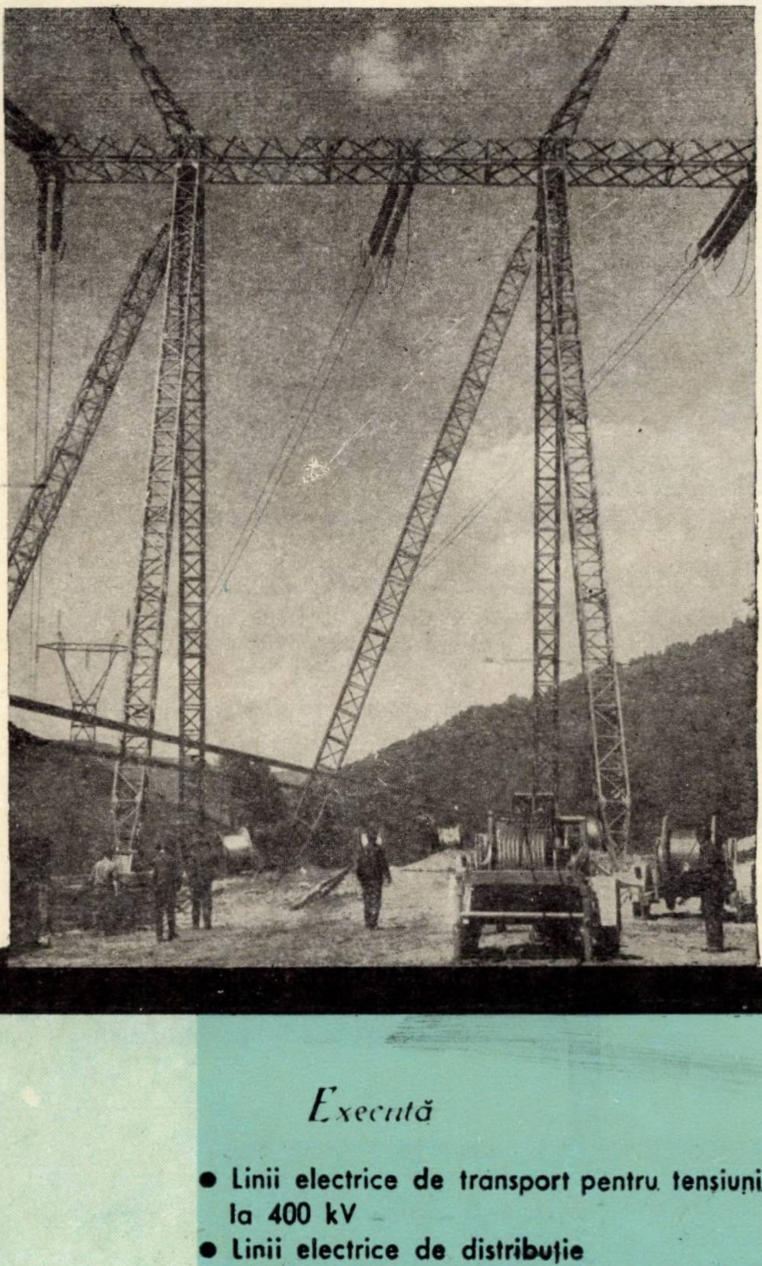
— CHE Argeș, de 220 MW.
— CHE Oești, de 15 MW.
— CHE Albești, de 15 MW.

Prin exploatarea rațională a lacului de acumulare, creat prin barajul Vidraru, se furnizează anual o cantitate de circa 450 mil. kWh energie electrică.

Energia electrică furnizată, injectată la tensiunea de 400 kV, alimentează consumatorii industriali din zonă, printre care Combinatul de aluminiu Slatina.

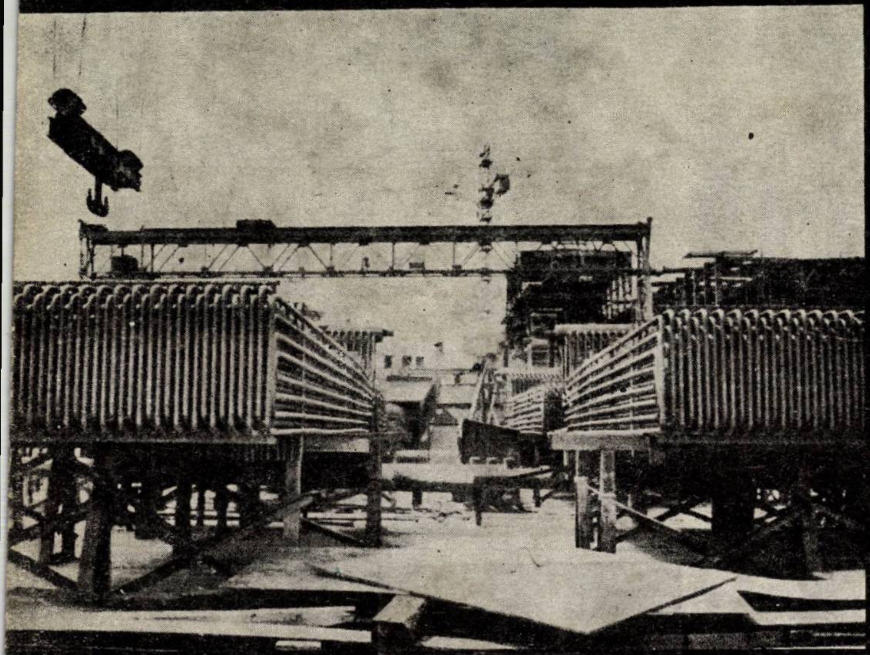
i·c·h·arges

INTREPRINDEREA
ELECTROMONTAJ
bucurești



Execută

- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuție
- Rețele electrice în cablu subteran pînă la 35 kV
- Stații de transformare 35-400 kV
- Stații de distribuție și posturi de transformare
- Rețele de iluminat public
- Electrificări rurale



Execută lucrări de montaj:

1969 MAR 27

- Cazane de abur cu parametri ridicaţi:
  - — 500 t abur/h, 215 at, 514°C
  - — 640 t abur/h, 140 at, 570°C
- Turbine cu abur de la 6 MW la 315 MW
- Turbine cu gaze
- Turbine hidraulice de la 5,5 MW la 170 MW
- Compensatoare sincrone
- Instalaţii termomecanice auxiliare ale centralelor termoelectrice şi echipament hidromecanic
- Instalaţii electrice de joasă, înaltă şi foarte înaltă tensiune
- Instalaţii de măsură, control şi automatizare

EM

INTREPRINDEREA

Energomontaj